

Н.И. РУДАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ

К. И. РУДАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ



ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

Утверждено
Главным управлением
учебными заведениями МПС
в качестве учебника для технических школ
железнодорожного транспорта



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1973

6Т1.2

Р83

УДК 625.282—843.6.066

Рудая К. И.

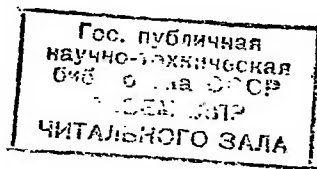
Р83 Электрическое оборудование тепловозов. Учебник для техн. школ ж.-д. транспорта. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Транспорт», 1973.

280 с. с ил.; 2 л. схем.

В книге описаны основные принципы работы электрической передачи, конструкция электрических машин, аккумуляторных батарей и аппаратов тепловозов 2ТЭ10Л и ТЭМ2, схемы электрических соединений этих локомотивов, приведены также особенности конструкции машин и аппаратов тепловозов ТЭ3 и ТЭ109. Кроме того, дано краткое описание электрического оборудования тепловозов с гидравлической передачей.

Книга утверждена Главным управлением учебными заведениями МПС в качестве учебника для технических школ железнодорожного транспорта.

6Т1.2



73-32996

24
9898

Р $\frac{3182-112}{049(01)73}$ 112-73

© Издательство «Транспорт», 1973,

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

На тепловозах применяются три вида передач: электрическая, гидравлическая и механическая.

Необходимость постановки той или иной передачи вызвана особенностью работы дизеля — пустить его под нагрузкой невозможно. Правда, мощность дизеля увеличивается при увеличении скорости вращения коленчатого вала, но он допускает лишь небольшую перегрузку; вращающий момент дизеля почти не зависит от скорости вращения (при постоянной подаче топлива).

Таким образом, если вал дизеля соединить непосредственно с движущимися колесами, то такой тепловоз не сможет тронуться с места и следовать с заданной скоростью по перегону. Дизель с полной нагрузкой сможет работать только на руководящем подъеме, а на более легких участках профиля он будет недогружен.

Передача тепловоза должна обеспечивать силу тяги в момент трогания и разгона поезда, намного превышающую по величине силу тяги при номинальном режиме, а также использование полной мощности дизеля на всем диапазоне скоростей движения локомотива, т. е. режим дизеля может сохраняться неизменным при различных условиях движения поезда.

Наибольшее распространение на тепловозах получила электрическая передача, которая удовлетворяет всем перечисленным требованиям.

Преимущественное распространение в мировой практике имеет передача на постоянном токе, но в связи с увеличением мощности тепловозов начинает получать распространение передача переменного постоянного тока.

Электрическая передача постоянного тока состоит из главного (тягового) генератора, приводимого во вращение дизелем, тяговых электродвигателей, расположенных на движущих колесных парах тепловоза, а также ряда вспомогательных машин и аппаратов, связанных электрической схемой. Структурная схема такой передачи показана на рис. 1.

Передача позволяет автоматически приспосабливаться к условиям движения поезда. Сила тяги, создаваемая тяговыми электродвигателями, увеличивается при возрастании сопротивления движению и уменьшении скорости и, наоборот, уменьшается при падении сопротивления движению и увеличении скорости. *Особенностью электриче-*

ской передачи является независимость силы тяги тепловоза от вращающего момента и мощности дизеля, т. е. можно получить большую силу тяги при малой мощности дизеля и малую силу тяги при его большой мощности. Сила тяги у тепловоза с электрической передачей (при данной мощности дизеля) ограничивается нагреванием тяговых электродвигателей, которые допускают большую кратковременную перегрузку. Ее используют во время трогания поезда и преодоления больших кратковременных подъемов.

Тепловозы с этим видом передачи имеют сравнительно высокий к. п. д. на ободу колес (28—30%), хорошую тяговую характеристику, плавное трогание с места, простоту и надежность в управлении.

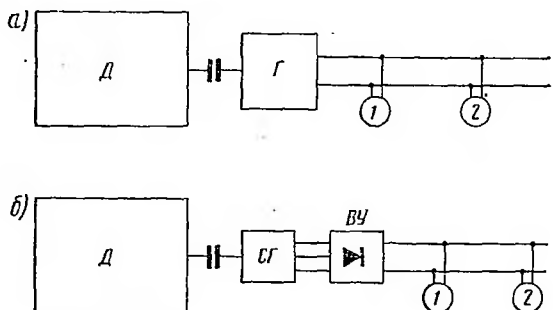


Рис. 1

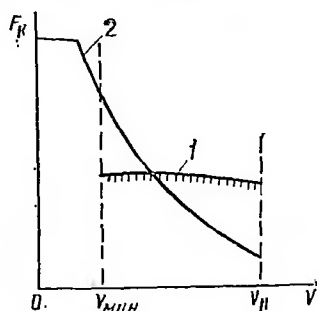


Рис. 2

Рис. 1. Структурные схемы передачи на постоянном токе (а) и на постоянно-переменном токе (б):

Д — дизель; Г и СГ — генераторы; ВУ — выпрямительная установка; 1, 2 — электродвигатели

Рис. 2. Зависимость силы тяги F_K тепловоза от скорости движения v :

1 — сила тяги тепловозов с непосредственной передачей; 2 — идеальная тяговая характеристика тепловоза

Для того чтобы мощность дизеля поддерживалась постоянной, сила тяги должна автоматически изменяться обратно пропорционально скорости, т. е. при увеличении силы тяги, например в два раза, в такое же количество раз должна уменьшаться скорость тепловоза. Эта зависимость, т. е. тяговая характеристика, представлена графиком на рис. 2 (кривая 2) и носит гиперболический характер.

Дизель-генераторный агрегат и тяговые электродвигатели тепловоза конструктивно между собой не связаны, что допускает наиболее простую систему передачи энергии на движущие колеса.

Электрическая передача обеспечивает сочлененную работу нескольких секций (по системе многих единиц), управляемых с одного поста. Недостатками передачи являются ее большой вес, высокая стоимость и повышенный расход цветных металлов по сравнению с другими видами передач.

Секционная мощность тепловозов за послевоенные годы увеличилась с 1000 до 3000 л. с., но для ряда направлений советских железных дорог уже сейчас требуется большая мощность. Создание более мощных

тепловозов с электрической передачей постоянного тока вызывает много затруднений, главным из которых является неудовлетворительная коммутация тяговых генераторов постоянного тока.

Практически главные генераторы постоянного тока при скорости вращения 1000 об/мин и номинальной мощности 2000 кВт уже имеют существенные недостатки по качеству коммутации, поэтому в Советском Союзе и за рубежом (Франция, США, Англия) применяют передачу переменного-постоянного тока, в которой вместо генератора постоянного тока устанавливается синхронный генератор и выпрямительная установка (см. рис. 1, б).

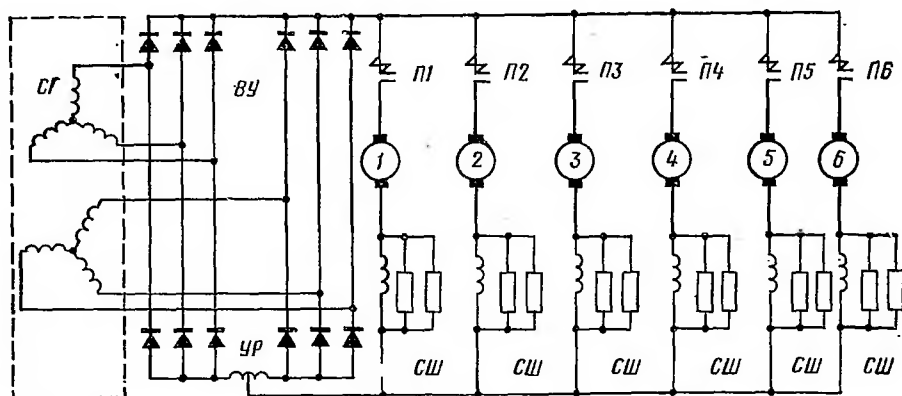


Рис. 3. Принципиальная схема силовой цепи передачи переменного-постоянного тока:

СГ — синхронный генератор; ВУ — выпрямительная установка; УР — уравнивающий реактор; 1—6 — тяговые электродвигатели; П1—П6 — силовые контакторы; СШ — сопротивления ослабления поля

В СССР первые тепловозы типа ТЭ109 с передачей переменного-постоянного тока, разработанной Харьковским заводом «Электротяжмаш», были выпущены в 1967 г. Ворошиловградским тепловозостроительным заводом.

Дизель вращает вал трехфазного синхронного генератора СГ, напряжение которого подводится к выпрямительной установке ВУ и далее к электродвигателям постоянного тока 1, 2 (см. рис. 1, б). Применение тяговых электродвигателей постоянного тока обычного исполнения обуславливает низкий коэффициент пульсации напряжения и высокую частоту. Для снижения пульсаций генератор имеет две обмотки статора, соединенные в звезду со сдвигом на 30° эл (рис. 3), а выпрямительная установка выполнена с двумя параллельными мостами и уравнивающим реактором. Такая схема уменьшает пульсацию напряжения в 2—3 раза и увеличивает примерно в 2 раза частоту.

Конструкция синхронного трехфазного генератора типа ГС-501, установленного на тепловозе, описана на стр. 41. К силовой выпрямительной установке ВУ подключены шесть тяговых электродвигателей

типа ЭД-107 (см. стр. 62), которые имеют параллельное соединение с двумя ступенями ослабления поля 60 и 36%.

Для получения регулируемого напряжения главного генератора применена система независимого возбуждения, которая включает синхронный возбудитель однофазного тока повышенной частоты типа ВС-650 мощностью 27 *квт*, выпрямительную установку, выполненную по двухполупериодной мостовой схеме на управляемых вентилях, и аппаратуру управления (см. стр. 213).

Применение схемы возбуждения с возбудителем переменного тока и силовым управляемым выпрямителем дает следующие преимущества по сравнению с существующей схемой возбуждения тепловозов типа ТЭ10: заменяет коллекторную машину бесколлекторной, повышает быстродействие и точность системы регулирования, не требует синхронного подвозбудителя. В случае выхода из строя основной системы возбуждения предусмотрена аварийная.

Система возбуждения регулируется с помощью обратных связей по току и напряжению главного генератора. Сигнал по току поступает от трансформатора постоянного тока (ТПТ), а сигнал по напряжению — от трансформатора постоянного напряжения (ТПН).

Токи от ТПТ и ТПН поступают в селективный узел, где производится выделение сигналов по току, напряжению генератора и их сумме и сравнение их с сигналами уставки, которые образуются с помощью блока задания и индуктивного датчика, связанного с объединенным регулятором мощности.

Пуск дизеля электрический от стартер-генератора; необходимая мощность для пуска 32 *квт* при напряжении 110 *в* и максимальном токе 1500 *а*. В генераторном режиме мощность стартер-генератора 41 *квт*, напряжение 110 *в*, ток 372 *а*. В качестве стартера используется генератор типа СГ-2. Источником питания при пуске дизеля является железоникелевая аккумуляторная батарея типа 68 ТПЖН-550. Возбудитель и стартер-генератор размещены на главном генераторе.

На тепловозе предусмотрен электрический привод вспомогательных агрегатов. Для привода вентиляторов, охлаждающих тяговые электродвигатели, применены асинхронные двигатели А2 защищенного исполнения с питанием от главного генератора.

Приводом вентиляторов для охлаждения воды и масла дизеля служат короткозамкнутые асинхронные электродвигатели, получающие питание также от главного генератора. Для привода компрессора используется электродвигатель постоянного тока типа П-72, питающийся от стартера-генератора, от него также питается электродвигатель вентилятора выпрямительной установки. Указанным электроприводам необходима постоянная скорость вращения, не зависящая от скорости вращения коленчатого вала дизеля. Схема управления подобна схемам, применяемым на тепловозах типа ТЭ10, предусматривающим работу по системе двух единиц и автоматический пуск дизеля.

Для питания цепей управления на тепловозе принято напряжение 110 *в*, вырабатываемое стартер-генератором.

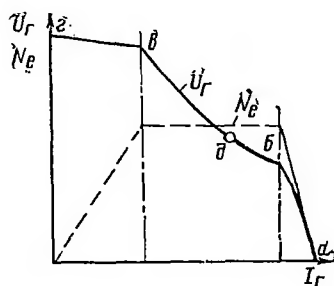
§ 2. РАБОТА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Мощность дизеля регулируют изменением скорости вращения коленчатого вала. При такой регулировке к. п. д. дизеля остается почти постоянным, в широких пределах изменения числа оборотов, поэтому на тепловозах с электрической передачей применяют ступенчатое (обычно 8—16 позиций контроллера) или непрерывное изменение скорости вращения вала дизеля при полном использовании наибольшего вращающего момента.

Несмотря на то что для дизеля обычно устанавливается несколько ступеней мощности, основным является режим, соответствующий полной мощности, которая должна поддерживаться постоянной в широком диапазоне скоростей движения тепловоза.

Рис. 4. Внешняя характеристика главного генератора и соответствующее ей изменение мощности дизеля:

аб — зона ограничения по току; *бв* — зона использования полной мощности дизеля; *вг* — зона ограничения по возбуждению; *в* — длительный режим; U_G — напряжение главного генератора; I_G — ток генератора; N_D — мощность дизеля



Постоянство мощности дизеля может быть легко достигнуто с помощью электрической передачи. Для этого достаточно, чтобы *произведение тока главного генератора на напряжение было величиной постоянной*. В этом случае графически внешняя характеристика генератора (зависимость его напряжения от тока при постоянном n), так же как и тяговая характеристика, носит гиперболический характер (линия *бв* на рис. 4). Электрический генератор общепромышленного исполнения не может обеспечить такую характеристику.

Действительно, если генератор имеет независимое возбуждение (рис. 5, а), т. е. ток в катушках главных полюсов не изменяется, то внешняя характеристика такого генератора будет близка к горизонтальной линии (рис. 5, б, кривая 1). С ростом нагрузки напряжение генератора несколько уменьшается за счет падения напряжения в обмотке якоря.

Генераторы с параллельным (шунтовым) возбуждением имеют более падающую характеристику (см. рис. 5, б, кривая 2), так как с увеличением нагрузки снижается напряжение и одновременно уменьшается ток возбуждения, а это приводит к дополнительному уменьшению напряжения.

У генераторов с последовательным (серийным) возбуждением при увеличении тока нагрузки напряжение возрастает (кривая 3), так как ток нагрузки равен току возбуждения.

Генераторы со смешанным возбуждением (противокомпаундные) имеют на главных полюсах две обмотки — независимую и последова-

тельную, причем намагничивающие силы этих обмоток действуют противоположно и имеют резко падающую характеристику (кривая 4)*.

На тепловозах для создания гиперболической внешней характеристики главного генератора применяют специальные возбудители или системы автоматического регулирования напряжения.

Чтобы обеспечить плавное трогание и разгон тепловоза, электрическая передача автоматически ограничивает ток главного генератора. Характеристика ограничения тока (см. рис. 4, линия ab) должна быть по возможности близка к линии постоянного тока генератора. Уча-

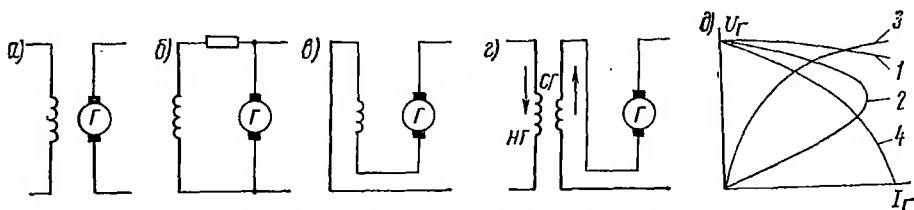


Рис. 5. Схемы возбуждения генераторов общепромышленного исполнения: а — независимого возбуждения; б — параллельного; в — последовательного; г — смешанного возбуждения; е — внешние характеристики этих генераторов

сток ab характеризуется высокими токами и низкими напряжениями генератора. В этом случае мощность дизеля используется не полностью, но зато реализуется максимальная сила тяги.

На тепловозах последних выпусков применяется также автоматическое ограничение напряжения главного генератора при больших скоростях движения, что позволяет уменьшить габариты генератора и защитить элементы силовой цепи тепловоза (линия $вг$).

Как видно из рисунка, участок $вг$ характеризуется малыми токами генератора, т. е. низкими значениями силы тяги тепловоза, наибольшим напряжением и снижением мощности генератора и дизеля.

§ 3. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЛАВНОГО ГЕНЕРАТОРА

Наиболее важными характеристиками главных генераторов тепловозов для нормальной работы электропередачи являются внешняя характеристика и зависимость магнитного потока главных полюсов от скорости вращения (характеристика холостого хода).

Основное требование к внешней характеристике — обеспечить в зоне рабочих токов работу дизеля с полной мощностью при постоянной скорости вращения. Для этого в рабочей зоне она должна иметь форму гиперболы (см. рис. 4), т. е. мощность генератора должна быть постоянной. Режим генератора по току как бы задается в зависимости от сопротивления на данном участке профиля пути (определяется вращаю-

* Такие генераторы иногда применяются на тепловозах малой мощности, дизель-поездах и автомотрисах.

щим моментом тяговых электродвигателей). Поэтому мощность генератора можно регулировать, изменяя его напряжение соответственно заданному току. На магистральных и маневровых тепловозах применяют схемы электрических передач, работающих при постоянной скорости вращения вала дизеля на данной позиции контроллера.

Электродвижущая сила (э. д. с.) E генератора пропорциональна числу оборотов n и магнитному потоку Φ ($E = Cn\Phi$, где C — постоянная величина для данного генератора), а так как n генератора неизменно, то напряжение можно регулировать только изменением магнитного потока. Главные генераторы тепловозов имеют независимое возбуждение, а обмотка независимого возбуждения получает питание от специальных возбудителей с расщепленными полюсами (см. гл. I), от магнитных усилителей (см. гл. II) или от устройств, использующих полупроводниковые элементы — тиристоры (см. гл. IV).

Изменение напряжения генератора, определяемое собственными характеристиками генератора и возбудителя или магнитного усилителя (без участия каких-либо внешних регулирующих устройств), будем называть *саморегулированием генератора*.

Примерами схем саморегулирования с гиперболической внешней характеристикой генератора являются схемы тепловозов ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3 и ТЭМ2. Они основаны на применении для возбуждения главного генератора специальных возбудителей.

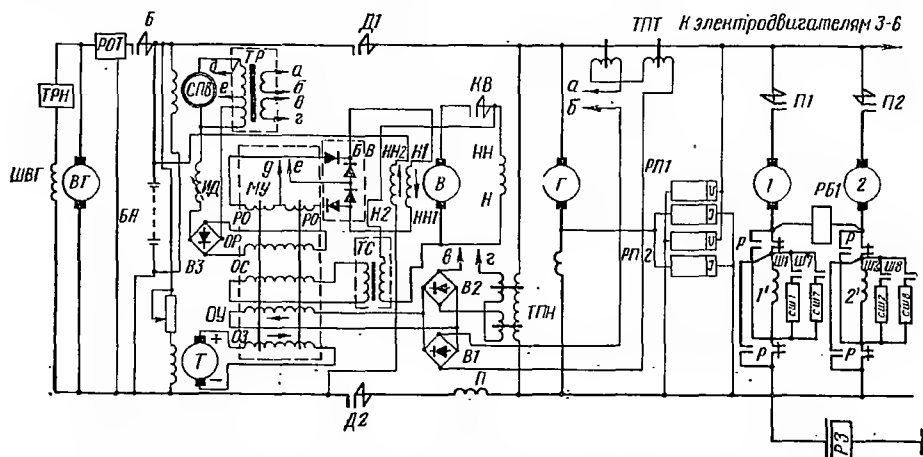
Схемы саморегулирования с наклонными прямолинейными участками внешней характеристики главного генератора осуществлены на тепловозах типа ТЭ10, ТЭП60, а также типа ТЭ109 и 2ТЭ116. На первых типах тепловозов для возбуждения генератора используются магнитные усилители, на вторых — тиристоры.

На современных тепловозах применяют схемы автоматического регулирования, обеспечивающие получение гиперболической характеристики (использование полной мощности дизеля) за счет специальных автоматических регуляторов в дополнение к саморегулированию. Такие схемы применены на тепловозах ТЭ3, ТЭ10, ТЭП60, ТЭ114, ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ109, V-300 и 2ТЭ116 (см. гл. IV).

В качестве примера разберем принципиальную схему тепловоза типа ТЭ10. Наклонный участок внешней характеристики главного генератора создается при помощи магнитного усилителя МУ однофазного тока (рис. 6) с внутренней обратной связью. Питание его рабочих обмоток РО осуществляется от синхронного подвозбудителя СПВ, от него же питаются трансформаторы постоянного тока ТПТ и напряжения ТПН через распределительный трансформатор ТР. Трансформаторы обеспечивают участки ab и $вг$ внешней характеристики (см. рис. 4), посылая соответствующие сигналы в обмотку управления ОУ.

МУ также имеет обмотку управления ОЗ — задающую внешнюю характеристику по позициям и ОС — стабилизирующую, реагирующую на резкое изменение напряжения возбудителя. Нагрузкой для МУ является обмотка независимого возбуждения возбудителя В, включенная через выпрямительный мост ВВ. Регулировочная обмотка ОР через индуктивный датчик ИД связана с объединенным регулято-

Главный генератор Γ имеет независимое возбуждение, питание которого обеспечивает возбудитель B . Для пуска дизеля, питания цепей управления и освещения при неработающем дизеле на тепловозе установлена аккумуляторная батарея — $БА$, которая заряжается вспомогательным генератором $BГ$. Этот же генератор питает цепи управления, освещения и размагничивающую обмотку возбудителя при работающем дизеле.



ВГ — вспомогательный генератор; ШВГ — параллельная обмотка возбуждения ВГ; БА — аккумуляторная батарея; СПВ — синхронный подвозбудитель; ТР — трансформатор распределителя; Т — тахогенератор (связь по числу оборотов дизеля); МУ — магнитный усилитель (амплистат); РО — рабоче обмотки; ОР — регулировочная обмотка (связь по мощности с объединенным регулятором мощности); ОЗ — задающая обмотка; ОУ — обмотка управления (связь по току и напряжению); ОС — стабилизирующая обмотка; ТГ — стабилизирующий трансформатор; БВ — блок выпрямительный; ТПТ — трансформатор постоянного тока; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; В1, В2, В3 — выпрямительные мосты; В — возбудитель; Г — генератор; Н1 — НН1 — обмотка независимого возбуждения; Н2 — НН2 — размагничивающая обмотка; Н — НН — обмотка независимого возбуждения главного генератора; П — пусковая обмотка; РП1, РП2 — реле перехода; РЗ — реле заземления; РБ1 — реле боксования; 1—6 — тяговые электродвигатели; Р, 2' — обмотки возбуждения тяговых электродвигателей; РQT — реле обратного тока; П1, П2 — силовые контакторы; Д1—Д2 — пусковые контакторы; Б — контактор заряда батареи; КВ — контактор возбуждения главного генератора; ИД — индуктивный датчик; ТРН — регулятор напряжения; Р — контакты реверсора; Ш1, Ш2, Ш7, Ш8 — контакты контакторов ослабления поля; а, б, в, г, д, е — замыкы трансформатора

Защита колесных пар от боксования осуществляется реле боксования $PБ$, а защита от токов короткого замыкания и перебросов — реле заземления $PЗ$.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ТЕПЛОВЗОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Расположение электрического оборудования на тепловозе. К тяговым машинам тепловозов относятся главные генераторы и тяговые электродвигатели, к вспомогательным машинам — вспомогательные генераторы и электродвигатели, предназначенные для привода различных вспомогательных агрегатов тепловоза. Особое место занимают возбудители, необходимые для создания специальной (гиперболической) внешней характеристики главного генератора.

Расположение основного электрического оборудования разберем на примере магистрального тепловоза 2ТЭ10Л (рис. 7).

В средней части кузова на раме тепловоза размещен дизель-генераторный агрегат. Ток, вырабатываемый главным генератором 40, поступает к шести тяговым электродвигателям 41. От вала главного генератора через распределительный зубчатый редуктор приводится во вращение двухмашинный агрегат 9, установленный под полом кабины машиниста, и вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки. Через задний редуктор от вала дизеля приводится в действие вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей задней тележки и однокорпусный агрегат 33.

Аккумуляторная батарея 37, размещенная в четырех ящиках, расположена под полом дизельного помещения в специальных отсеках, по обеим сторонам дизеля. Вдоль стенок кузова в передней части дизельного помещения находятся левая 42 и правая 43 высоковольтные камеры, в которых установлена электрическая аппаратура. Ряд аппаратов помещен на дизель-генераторе и на пульте управления.

Под левой высоковольтной камерой на настиле рамы тепловоза установлены стабилизирующий трансформатор 17 и трансформатор постоянного тока 18.

Регулирование скорости вращения электродвигателя. Скорость вращения вала электродвигателя прямо пропорциональна напряжению на его зажимах и обратно пропорциональна магнитному потоку, создаваемому главными полюсами, т. е.

$$n = \frac{U - IR}{C\Phi},$$

где n — скорость вращения якоря, об/мин;

U — напряжение на зажимах, в;

Φ — магнитный поток;

C — постоянный коэффициент;

IR — падение напряжения, в.

Из формулы следует, что n можно регулировать либо изменением величины подводимого к зажимам электродвигателя напряжения, либо изменением величины магнитного потока.

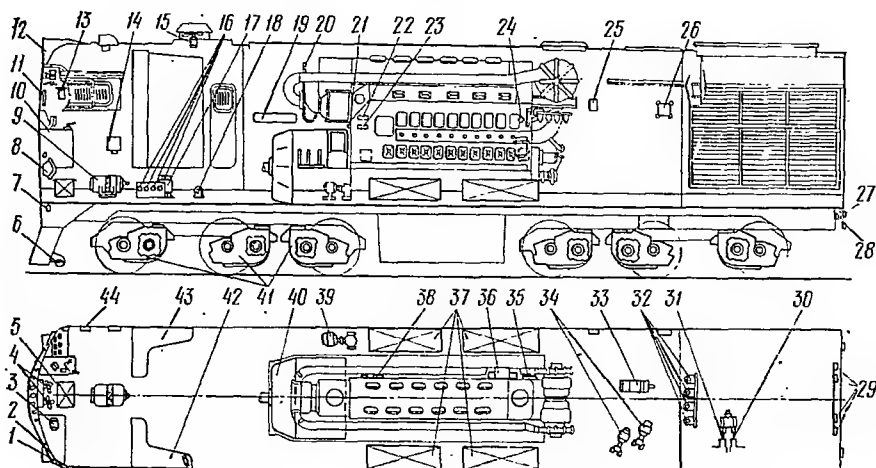


Рис. 7. Расположение электрооборудования на тепловозе 2ТЭ10Л:

1 — дифференциальный манометр; 2 — сигнальная коробка КС* автоматической пожарной сигнализации; 3 — электродвигатель вентилятора калорифера МК; 4 — электродвигатель вентилятора кабины машиниста В1 и В2; 5 — ящик дешифратора и усилителя ЯДУ; 6 — приемные катушки дешифратора ПК; 7 — передний красный буферный фонарь; 8 — передний белый буферный фонарь; 9 — двухмашинный агрегат А-706; 10 — пульт управления тепловозом; 11 — локомотивный светофор; 12 — прожектор; 13 — пульт управления радиостанцией; 14 — электропневматический клапан ЭПК; 15 — электродвигатель вентилятора кузова ВК; 16 — розетки для подключения кабелей при реостатных испытаниях и подвода напряжения от внешнего источника; 17 — трансформатор стабилизирующий ТС; 18 — трансформатор постоянного тока ТПТ; 19 — световой номер; 20 — воздушные заслонки с электромагнитами; 21 — блокировка валоповоротного устройства 105; 22, 23 — реле давления масла РДМ2 и РДМ1; 24 — концевой выключатель ВПР; 25 — термореле КР-2; 26 — коробка распределительная холодильника; 27 — задний белый буферный фонарь; 28 — задний красный буферный фонарь; 29 — розетки межтепловозного соединения; 30, 31 — концевые выключатели ВКВ и ВКМ; 32 — электропневматические вентили открытия жалюзи; 33 — однокорпусный агрегат А-705; 34 — электродвигатели подкачивающих топливных насосов ТН1 и ТН2; 35 — коробка распределительная 1 (на дизеле); 36 — объединенный регулятор; 37 — аккумуляторные ящики; 38 — коробка распределительная 2 (на дизеле); 39 — электродвигатель маслоснабжающего насоса МН; 40 — главный генератор; 41 — тяговые электродвигатели; 42 — левая высоковольтная камера; 43 — правая высоковольтная камера; 44 — рукоятка бдительности РБ

* Здесь и далее курсивом указаны обозначения на рисунках и электрических схемах (см. вклейки в конце книги).

На тепловозах применяют оба способа регулирования скорости вращения вала.

Величину подводимого напряжения можно изменять:

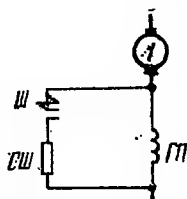
1) перестановкой главной рукоятки контроллера машиниста с одной позиции на другую, изменяя напряжение главного генератора;

2) переключением электродвигателей с одного соединения (последовательного) на другое (последовательно-параллельное, параллельное).

Величину магнитного потока (поля возбуждения) регулируют шунтированием обмотки возбуждения, применяя для этого параллельное подключение сопротивления (рис. 8).

При полном поле ток якоря проходит по обмотке возбуждения. Если же подключим шунтирующие сопротивления, то по обмотке возбуждения пройдет только часть тока якоря. Так как величину магнитного потока определяют намагничивающей силой, т. е. ампер-витками обмотки возбуждения, то, следовательно, с уменьшением тока магнитный поток также уменьшается, а n возрастает.

Рис. 8. Схема ослабления магнитного потока тягового электродвигателя шунтированием обмотки возбуждения: I — якорь тягового электродвигателя; $Ш$ — контактор ослабления поля; $СШ$ — шунтирующий резистор; $ГП$ — обмотка главных полюсов двигателя



Мощность электрических машин. Потребляемая мощность машины измеряется в ваттах или киловаттах и является произведением тока на напряжение:

для машин постоянного тока

$$P = IU \text{ вт или } P = \frac{IU}{1000} \text{ кВт,}$$

для машин переменного тока

$$P = IU \cos \varphi,$$

где $\cos \varphi$ — коэффициент мощности.

Превращение одного вида энергии в другой, т. е. электрической энергии в механическую (электродвигатель) или механической в электрическую (генератор), сопровождается рядом потерь.

Основными потерями являются:

а) электрические потери $\Delta P_{эл}$, возникающие при прохождении тока по проводникам обмоток полюсов и якоря, коллектору, щеткам и пр. Эти потери пропорциональны квадрату тока $\Delta P_{эл} \equiv I^2$;

б) магнитные потери (в стали) $\Delta P_{ст}$, возникающие вследствие намагничивания сердечника якоря (гистерезис) и индуктирования вихревых токов, пропорциональны индукции и скорости вращения

$$\Delta P_{ст} \equiv B^2 n^{1,6};$$

в) механические потери, образующиеся вследствие трения вала якоря в подшипниках, трения щеток о коллектор и сопротивления воздуха вращению якоря $\Delta P_{мех} \equiv n$.

Все потери вызывают нагрев машины. Отношение полезной мощности (мощности на валу электродвигателя или на клеммах генератора) к потребляемой мощности (электрической мощности, потребляемой электродвигателем, или механической мощности, затрачиваемой на вращение генератора) называется *коэффициентом полезного дей-*

ствия. Коэффициент полезного действия обозначается буквой η . К. п. д. тепловозных главных генераторов составляет 0,94—0,96, а тяговых электродвигателей — 0,90—0,94.

Для электродвигателя полезная мощность

$$P_{\text{цв}} = \frac{U_{\text{дв}} I_{\text{дв}}}{1000} \eta_{\text{дв}} \text{ кВт},$$

где $U_{\text{дв}}$ — напряжение, подводимое к электродвигателю, в;
 $I_{\text{дв}}$ — ток, потребляемый двигателем, а.

Полезная мощность генератора

$$P_{\text{г}} = \frac{U_{\text{г}} I_{\text{г}}}{1000} \text{ кВт}.$$

Полную мощность генератора находим по формуле

$$P_{\text{г.полн}} = \frac{P_{\text{г}}}{\eta_{\text{г}}}.$$

Мощность электрической машины ограничивается температурой его частей, главным образом обмоток и коллектора. Допускаемая температура зависит от класса изоляции.

Изоляция и кривые нагревания и охлаждения электрических машин. Для тепловозных тяговых электродвигателей и главных генераторов номинальным режимом является длительный, т. е. такой, при котором машина может работать неограниченно долго без нарушения нормальной работы ее деталей. Так как тяговые машины тепловоза работают при резко меняющихся нагрузках, то и температура этих машин достигает предельной или при сравнительно небольшой нагрузке в течение длительного времени, или при очень большой нагрузке в течение короткого промежутка времени. Соответственно этому различают *длительный* и *кратковременный ток*.

Длительным током называется наибольший ток, при котором машина может работать длительно, при этом превышение температуры ее над температурой охлаждающего воздуха (перегрев) не должно быть больше установленного ГОСТом. Наиболее греющейся частью тяговых машин тепловозов является обмотка якоря. Превышение температуры определяется изоляционным материалом обмоток.

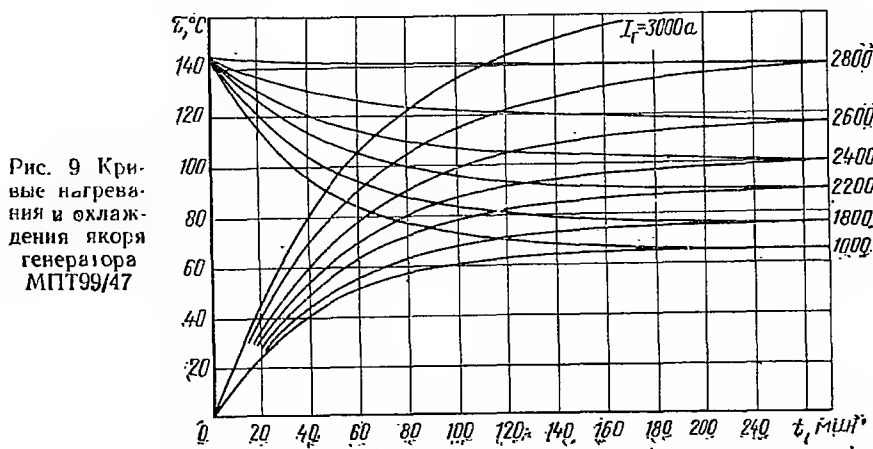
Тяговые генераторы и электродвигатели тепловозов ТЭ1, ТЭ2, ТЭЗ*, ТЭМ1 и ТЭМ2 имеют изоляцию класса В. К изоляции класса В относятся: слюда, асбест и стекловолокно с органическими связующими и пропитывающими составами. Эта изоляция допускает максимальную температуру 145° С (измеренную методом сопротивления), т. е. перегрев не выше 120° С при расчетной температуре окружающей среды 25° С, а при 40° С — допустимый перегрев 105° С. При больших перегревах происходит разрушение изоляции. На тяговых машинах мощных тепловозов типов ТЭ10 и ТЭП60 применена более совершенная изоляция класса Н с кремнийорганическими связующими и пропиты-

* Катушки главных полюсов главного генератора имеют кремнийорганическую изоляцию.

вающими составами. Изоляция класса Н допускает наибольшую температуру 180—200° С.

Процесс нагревания обмоток электрических машин происходит постепенно. При различных токах нагрузки он может быть изображен в виде кривых, если по горизонтальной оси отложить время t , а по вертикальной — перегрев τ (рис. 9). Каждая кривая соответствует определенному току I_a якоря при 850 об/мин вала генератора.

Как видно из рис. 9, при любом токе перегрев обмотки возрастает сначала быстро (за 30 мин он достигает примерно 50% установившегося), а затем медленно приближается к определенному значению — так называемому *установившемуся перегреву* τ_y (через 180—240 мин).



Чем больше ток, тем больше установившийся перегрев (при $I_a = 1800$ а $\tau_y = 76^\circ\text{C}$, при $I_a = 2400$ а $\tau_y = 102^\circ\text{C}$).

Кривые нагревания показывают, что если машина работает с током, большим длительного, но кратковременно, то перегрев обмоток не превысит допустимого. Для генератора ТЭЗ длительный ток, соответствующий длительному перегреву 105°C , равен 2460 а. Перегрев такой же величины получим, если генератор будет работать в течение 1 ч с током 3000 а.

Все рассмотренные примеры взяты при условии, что машина начинает работать с холодного состояния обмоток. На этом же графике показаны кривые остывания (падающие), позволяющие определить снижение перегрева обмотки (после прохождения тяжелого подъема), если ток нагрузки уменьшился.

При тяговых расчетах вес поезда выбирается таким, чтобы перегревы обмоток не были выше допустимых по нормам.

Всякая электрическая машина, в том числе и тепловозная, характеризуется данными номинального режима: мощностью, напряжением, током и скоростью вращения. Кроме того, для тяговых тепловозных машин имеет большое значение наибольшее напряжение и ток, а также габарит и вес машины.

Вентиляция электрических машин. С повышением температуры машины относительно температуры окружающей среды происходит отдача тепла. Тепло отводится от машины тем больше, чем быстрее сменяется воздух, соприкасающийся с нагретыми частями. Номинальная мощность машины зависит от применяемого класса изоляции и интенсивности охлаждения.

От машины можно получить тем большую мощность (без недопустимого перегрева ее частей), чем выше интенсивность охлаждения. Для интенсивной отдачи тепла в тепловозных электрических машинах применены две системы вентиляции: независимая (принудительная) и самовентиляция.

При независимой системе вентиляции устанавливают специальный вентилятор, нагнетающий охлаждающий воздух в машину со стороны коллектора и выбрасывающий его со стороны задних лобовых частей обмотки якоря или, наоборот, нагнетающий его со стороны лобовых частей и выбрасывающий со стороны коллектора. По первому типу устроена вентиляция всех тепловозных тяговых электродвигателей, по второму — главных генераторов мощных тепловозов ТЭ10 и ТЭП60. Независимая вентиляция является наиболее эффективной, так как позволяет применить высокопроизводительный вентилятор. При самовентиляции вентиляторное колесо, насаженное на вал якоря, всасывает воздух со стороны коллектора и выбрасывает его наружу. Так устроена система охлаждения у всех тепловозных генераторов, кроме указанных выше.

На всех тепловозных машинах применена параллельная вентиляция, т. е. один поток охлаждающего воздуха омывает поверхность коллектора, щеток, обмоток главных и дополнительных полюсов, а также частично обмотку и сердечник якоря. Второй поток охлаждает коллектор изнутри, протекает по аксиальным или радиальным вентиляционным каналам (в зависимости от этого различают аксиальную и радиальную вентиляцию) сердечника якоря и выбрасывается наружу.

§ 2. ГЛАВНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Условия работы электрических машин на тепловозах очень тяжелые. На них действуют ударные вибрации, вызванные неровностями и стыками пути, вибрации от дизеля, запыленность и загрязненность окружающей среды, изменение в широких пределах температуры окружающего воздуха. Кроме того, электрические машины тепловоза сжаты в габаритах. Конструкция их отличается от стационарных электрических машин.

Главные генераторы предназначены для преобразования механической энергии дизеля в электрическую. Кроме того, в момент пуска дизеля генератор постоянного тока работает в режиме электродвигателя с последовательным возбуждением, приводящего в движение коленчатый вал.

Технические данные тепловозных генераторов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип генератора	Применя на тепловозе	Номинальная мощность, кВт	Ток длительно, а	Напряжение, в		Скорость вращения, об/мин	Тип вентилирования	Тип обмотки якоря	Число главных полюсов	Число добавочных полюсов	Воздушный зазор под средней частью полюса, мм	Воздушный зазор под вительным полюсом, мм	Число коллекторных пластин	Вес, кг
				номинальное	максимальное									
МПТ $\frac{99}{47}$ А	ТЭЗ, ТЭ7	1 350	2 460	550	820	850	Самовентиляция	Лягушачья	8	8	5	11—12	444	7 450
МПТ $\frac{84}{39}$	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1	700	1 200	700	900	740	То же	Простая петлевая	8	8	4	6,8	380	4 500
ГП-300Б	ТЭМ2	780	1 210	645	870	750	»	То же	8	8	4	9	380	4 800
МПТ $\frac{120}{49}$	ТЭ10	2 000	4 260	470	700	850	Принудительная	Лягушачья	10	10	5	13,5	465	9 200
МПТ $\frac{120}{55}$ А	ТЭП60	2 000	4 260	470	700	750	То же	То же	10	10	5	13,5	465	9 650
ГП-311Б	2ТЭ10Л	2 000	4 320	465	700	850	»	»	10	10	5	13,5	465	8 900
ГП-312	М62	1 270	3 570	356	570	750	»	Простая петлевая	10	10	5	9	444	7 400
ГП-304	ТЭ30	1 350	3 600	375	570	850	Самовентиляция	Двухходная петлевая	10	10	5	18	435	6 800
ГП-307	ТЭ3Л	1 550	3 450	450	650	850	То же	Простая петлевая	10	10	4	10	435	7 500
МПТ $\frac{49}{25}$	ТУ2	195	434	450	720	1 500	»	Лягушачья	4	4	3	6	248	1 850

Примечание. На всех тепловозных генераторах установлены щетки марки ЭГ-14 или ЭГ-74 размером 12,5х32х55 мм (ГОСТ 2332—63).

С. П. ПЕТРОВИЧ 17
научно-техническая
библиотека СССР
ОКЗ 111111
1980

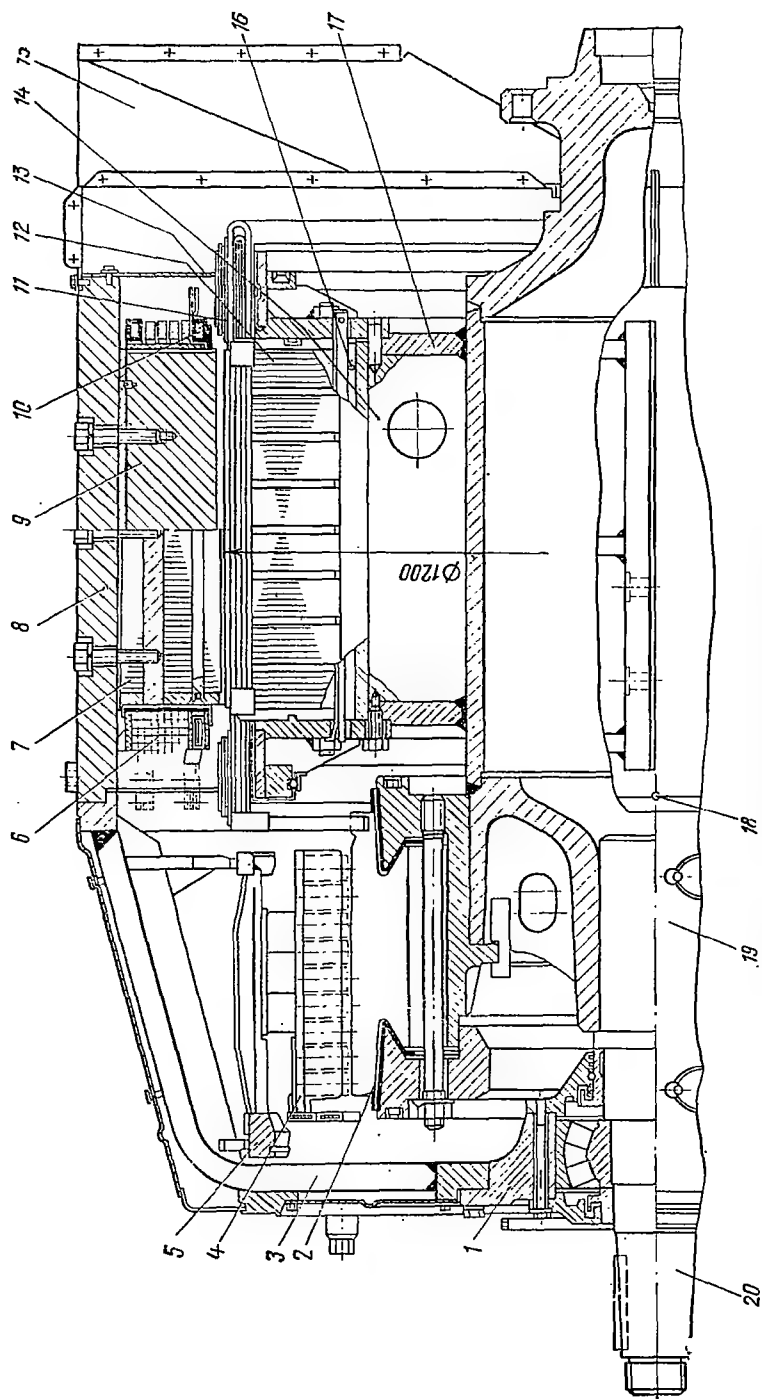


Рис. 10. Главный генератор ГП-311Б:

1 — капсула; 2 — коллектор; 3 — шит подшипниковый; 4 — шеткодержатель; 5 — поворотная траверса; 6 — катушка главного полюса; 7 — сердечник главного полюса; 8 — станина; 9 — сердечник дополнительного полюса; 10 — катушка дополнительного полюса; 11 — обмотка якоря; 12 — сердечник якоря; 13 — диафрагма; 14 — корпус якоря; 15 — входной патрубкок; 16 — клиновые шпонки; 17 — диск; 18 — штифт для фиксации шита со станиной; 19 — крышки; 20 — вал (см. продолжение);

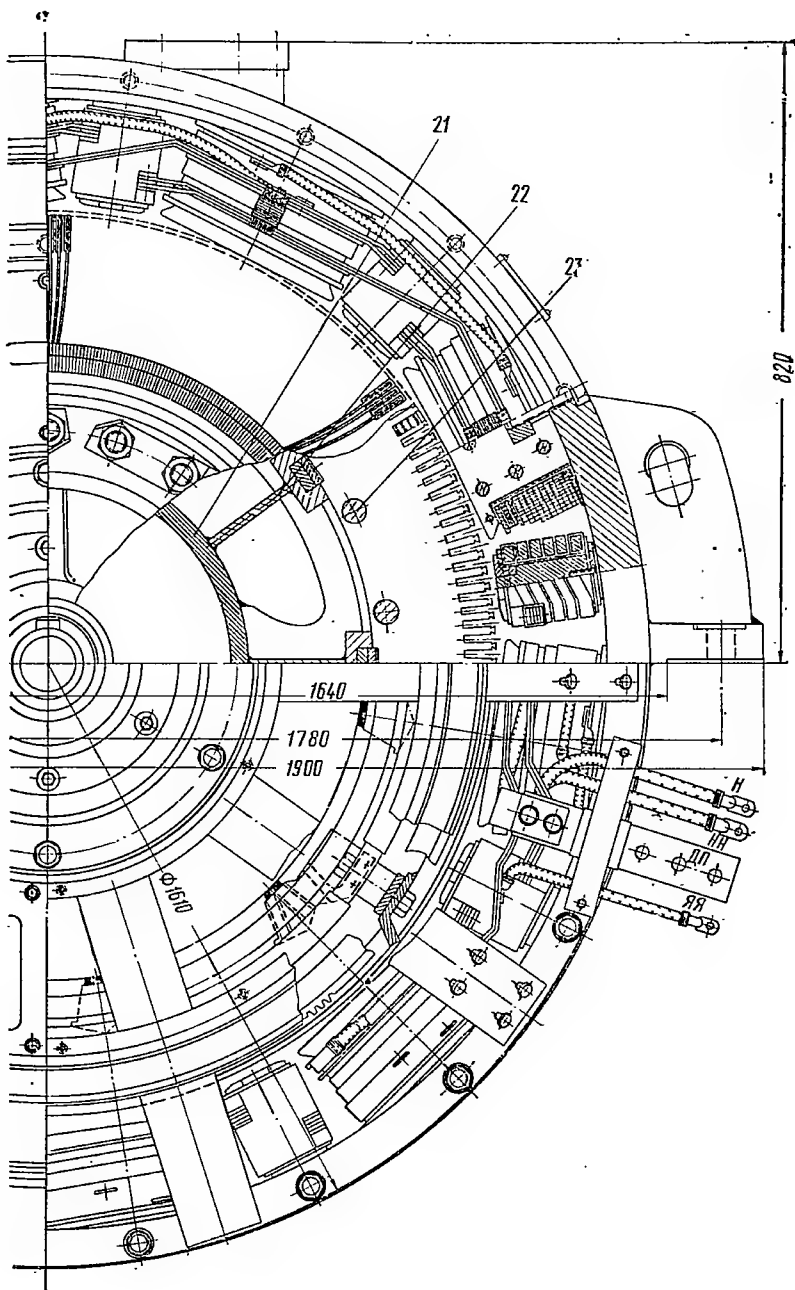


Рис. 10. Главный генератор ГП-311Б (продолжение):

21 — барабан; 22 — продольные ребра; 23 — шпильки; H, HH — выводы обмотки возбуждения; ЯЯ — вывод от минусовых щеток генератора; ДП — вывод от дополнительных полюсов

На тепловозах соединение главного генератора с дизелем может быть выполнено двумя способами:

1. Станина генератора жестко соединена с картером дизеля, а корпус якоря — с коленчатым валом. Кроме того, станина имеет лапы, которыми опирается на поддизельную раму. Такое соединение осуществлено на тепловозах с дизелями типа Д50 серий ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 и ТЭМ2.

2. Станина генератора опирается при помощи лап на поддизельную раму, а вал или корпус якоря генератора соединен через полужесткую муфту с коленчатым валом дизеля. На тепловозах с дизелями типа Д100 серий ТЭ3, ТЭ7, ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10Л, ТЭ40 (с дизелем Д70) и ТЭП60 (с дизелем 11Д45) используется такой способ.

Главный генератор типа ГП-311Б устанавливается на тепловозах 2ТЭ10Л.

Техническая характеристика генератора типа ГП-311Б

Номинальная мощность	2 000 квт
Длительный ток	4 320 а
Максимальный ток (ограничен коммутацией)	6 600 »
Номинальное напряжение	465 в
Максимальное напряжение	700 »
Номинальная скорость вращения	850 об/мин
Обмотка якоря	Лягушачья
Число пазов сердечника якоря	155
Возбуждение	Независимое
Число главных полюсов	10
Число дополнительных полюсов	10
Воздушный зазор под главными полюсами	5 мм
То же под дополнительными	13,5 »
Диаметр коллектора	850 »
Длина рабочей части коллектора	370 »
Число коллекторных пластин	465
Вес	8 950 кг

Основными частями генератора (рис. 10) являются: якорь, станина 8, главные полюсы 7, дополнительные полюсы 9, подшипниковый щит 3 и щеткодержатели 4.

Станина предназначена для крепления на ней главных и дополнительных полюсов, подшипникового щита и вентиляционных патрубков. Кроме того, она служит магнитопроводом. Станина изготовлена из листовой стали марки Ст3. Снаружи к ней приварены две лапы, которыми она опирается на поддизельную раму. В каждой лапе имеются четыре проходных отверстия для крепящих болтов и два отверстия с резьбой для отжимных болтов, с помощью которых поднимают генератор при разборке агрегата. Для крепления вспомогательных агрегатов к станине приварены подставки.

Главные полюсы служат для создания основного магнитного потока. Полюс имеет сердечник и катушку. Сердечник собран из листов холоднокатаной электротехнической стали марки Э-310 толщиной 1 мм. Листы сердечника изолированы друг от друга лаком, спрессованы и стянуты заклепками.

В каждом листе сердечника выштамповано прямоугольное отверстие, куда закладывается стальной стержень с резьбовыми отверстиями для крепления полюса к станине (рис. 11).

На главных полюсах размещены катушки обмоток независимого возбуждения и пусковой обмотки (рис. 12 и 13). Независимая обмотка получает питание от возбудителя и создает основной магнитный поток. Во время пуска дизеля (когда генератор работает как электродвигатель) основной магнитный поток создается пусковой обмоткой. После окончания пуска дизеля цепь этой обмотки прерывается.

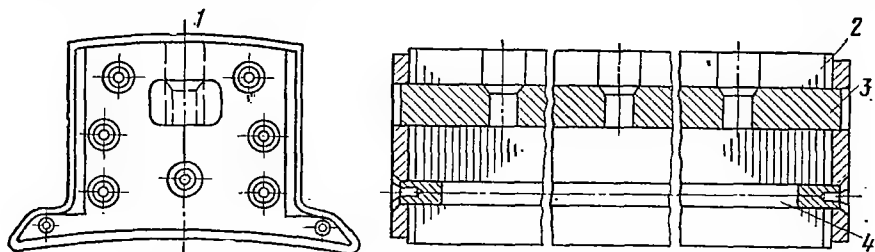


Рис. 11. Сердечник главного полюса генератора ГП-311Б:

1 — отверстие для крепления полюса; 2 — листы сердечника; 3 — стержень; 4 — заклепка

Катушки намотаны на каркас 6 (см. рис. 12). Каркас имеет отогнутые бурты, удерживающие рамки 1 и 3, изготовленные из прочной и теплоустойчивой пластмассы. На каркас наложена изоляция из четырех слоев гибкого стекломиканита на кремнийорганическом лаке и одного слоя стеклотенты.

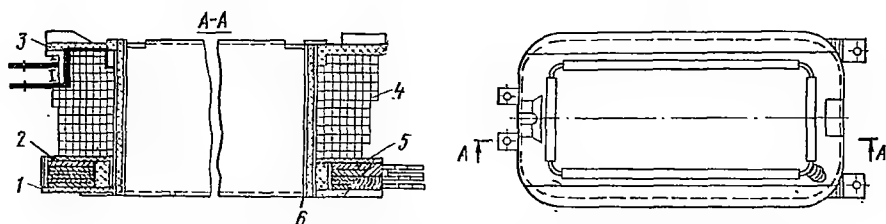


Рис. 12. Катушка главного полюса генератора ГП-311Б:

1, 3 — изоляционные рамки; 2 — изоляционная шайба; 4 — обмотка независимого возбуждения; 5 — пусковая обмотка; 6 — каркас

Пусковая обмотка 5 расположена у полюсного башмака, затем установлена стеклотекстолитовая изоляционная шайба 2, поверх которой намотана обмотка независимого возбуждения 4. Такое расположение обмоток катушек обеспечивает хорошую их вентиляцию.

Основные данные обмоток генератора ГП-311Б приведены в табл. 2.

В процессе намотки каждый слой катушки промазывают кремнийорганическим компаундом. Готовую катушку покрывают эмалью ПВЭ6. Катушки главных полюсов генераторов МПТ-120/49 и МПТ-120/55 А, изготавливаемых до замены их генераторами ГП-311Б, отличаются отсутствием пусковой обмотки и изоляцией витков об-

Таблица 2

Наименование обмоток	Число витков	Сопротивление при 15° С, ом	Марка провода	Размер проволоки без изоляции, мм	Класс изоляции
Обмотки главных полюсов:					
независимая	105	0,88	ПСД	4,7×6,9	Н
пусковая	3	0,00435	МГМ	(2,26×40)2	Н
Обмотка дополнительных полюсов	6	0,000865	МГМ	16×25	В
Обмотка якоря	455	0,00132	МГМ	2,83×5,5	В

мотки независимого возбуждения. Витки изолировали асбобумагой на клеящем лаке, опрессовывали и запекали.

Из десяти главных полюсов генератора пять имеют переключенные выводы, а пять — открытые (рис. 14). Это сделано для чередования полярности полюсов и упрощения конструкции соединительных шин. Обмотки независимого возбуждения и пусковая, уложенные на каждом полюсе, соединены между собой последовательно.

Дополнительные полюсы расположены по нейтрали, т. е. между главными полюсами. Они предназначены создавать магнитное поле, индуктирующее в коммутирующих витках э. д. с., направленную против э. д. с. самоиндукции. Чтобы магнитное поле действовало только в зоне коммутации, ширину сердечников полюсов делают небольшой.

Обмотки дополнительных полюсов всегда включены последовательно с обмоткой якоря, для того чтобы происходило автоматическое усиление действия дополнительных полюсов при увеличении внешней нагрузки, т. е. усилении реакции якоря и реактивной э. д. с. в коммутируемых секциях.

У машин, работающих как генераторы, полярность дополнительных полюсов должна быть такой, чтобы за главным полюсом (по направлению вращения) шел разноименный дополнительный полюс. При работе машины в режиме двигателя за главным полюсом должен располагаться одноименный дополнительный полюс.

Число дополнительных полюсов не обязательно должно быть равным числу главных полюсов.

Поперечное сечение сердечников дополнительных полюсов выбирают таким, чтобы индукция магнитного поля была сравнительно небольшой. Это необходимо для увеличения предельной нагрузки, при которой происходит насыщение магнитной цепи дополнительных полюсов. С этой же целью воздушный зазор под дополнительными полюсами делают значительно большим, чем под главными.

Витки обмотки дополнительных полюсов стараются разместить ближе к якорю, а между остовом машины и сердечником дополнительного полюса устанавливают немагнитные прокладки, с тем чтобы разделить воздушный зазор на две части (рис. 15). Это позволяет уменьшить рассеивание магнитного потока и влияние на коммутацию вихре-

вых токов, индуктируемых в остове и сердечнике главного полюса при резких изменениях тока якоря. Вихревые токи задерживают изменение магнитного потока дополнительных полюсов.

Если в электрической машине имеются дополнительные полюсы, то щетки должны устанавливаться на геометрической нейтрали. В действительности в тяговых машинах щетки устанавливают под серединой главных полюсов.

Это объясняется тем, что секции обмотки якоря имеют определенный шаг по пазам, т. е. они выгнуты таким образом, что к коллекторным пластинам, с которыми соприкасаются щетки, присоединены проводники, расположенные на нейтральной линии. Так, например, у главного генератора типа ГП-300Б применена петлевая обмотка, имеющая шаг по пазам 1—10 и шаг по коллектору 1—2.

Секция якоря, укладываемая в пазы 1 и 10, присоединена к коллекторным пластинам 23 и 24, на которых установлена щетка (см. рис. 28). Эта щетка расположена под серединой главного полюса, но к ней присоединены проводники, расположенные на нейтрали (под дополнительными полюсами).

Сердечники дополнительных полюсов (рис. 16) изготовлены из стали марки СтЗ. Они сужены в части, обращенной к якорю. К сердечнику приклепаны латунные или дюралюминиевые угольники, служащие для крепления катушек и уменьшения рассеивания магнитного потока.

Сердечник 1 полюса изолирован от катушки опрессованным и спеченным миканитом или стеклотканью на эпоксидной смоле. Катушка полюса состоит из шести витков.

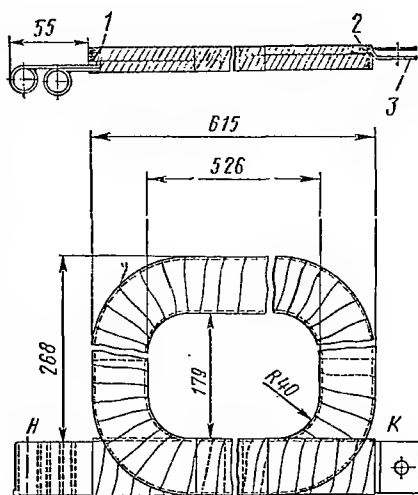


Рис. 13. Обмотка пусковая:

1 — лента стеклянная; 2 — стеклоткань; 3 — выводы; H — начало; K — конец

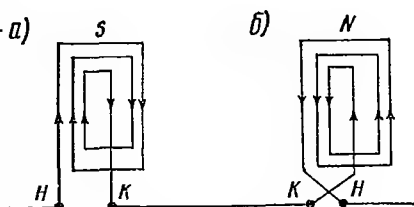


Рис. 14. Схема намотки катушек:

а — катушка с открытыми выводами; б — катушка с перекрещенными выводами; H — начало; K — конец

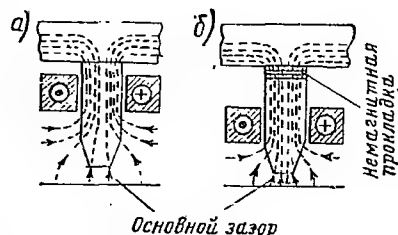


Рис. 15. Влияние воздушного зазора:

а — без разделения воздушного зазора; б — с разделением воздушного зазора

Крайние витки изолированы двумя слоями микаленты и одним слоем стеклотенты. Между витками уложены стеклотекстолитовые прокладки. Катушка зажата на сердечнике с помощью стальной накладке 6, привинченной к нему винтами со стороны, обращенной к станине. Между накладкой и полюсом помещена текстолитовая прокладка 5, создающая второй зазор. Весь полюс перед креплением его к станине пропитывают в термореактивном лаке, цементирующем его изоляцию. Между станиной и полюсом укладывают пружинную рамку из ленточной стали для предотвращения перемещения катушки на сердечнике из-за усыхания изоляции и других деформаций.

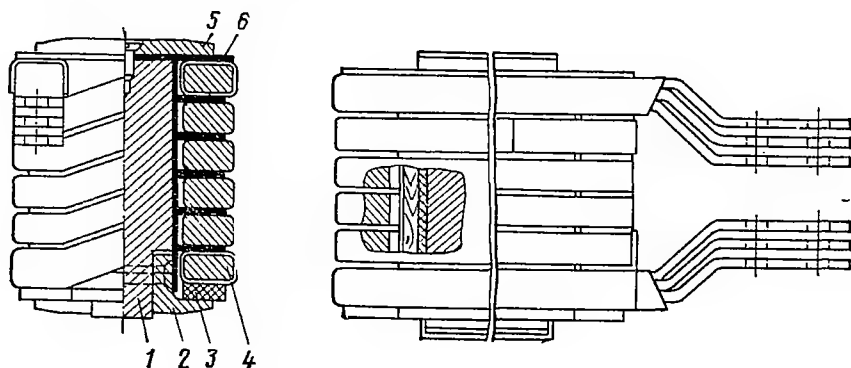


Рис. 16. Дополнительный полюс генератора ГП-311Б:

1 — сердечник; 2 — немагнитные угольники; 3 — изоляционные рамки из прессматериала; 4 — катушка; 5 — стальная накладка; 6 — немагнитная прокладка

Между сердечником полюса и станиной помещен набор из шести стальных прокладок (общей толщиной 3 мм), служащих для регулирования зазора под дополнительным полюсом (см. рис. 10).

Якорь главного генератора состоит из вала, корпуса якоря (остова), сердечника, обмотки, коллектора и деталей крепления. Якоря тепловозных генераторов изготовляют с укороченным валом¹, т. е. применяется так называемая безвальная конструкция (см. рис. 10).

Замена массивного вала на укороченный снизила температуру нагревания обмотки якоря, трудоемкость изготовления и ремонта и уменьшила вес генератора. Так как у генератора ГП-311Б применена радиальная вентиляция якоря, при которой необходим свободный подвод воздуха в центральную часть якоря (для входа в радиальные каналы), корпус якоря имеет ребристую конструкцию.

Корпус якоря состоит из сварно-литого барабана 21, с обеих сторон к которому приварены литые фланцы. Задним фланцем генератор сочленяется с валом дизелем, а на передний фланец насаживается коллектор.

¹ Конструкция генераторов более ранних выпусков изложена в книгах: К. И. Рудая. Устройство и ремонт тепловозов. Ч. II. М., Трансжелдориздат, 1960; 1963; К. А. Шихин, А. Н. Гуревич и др. Тепловоз ТЭЗ. М., «Транспорт», 1961; 1964.

К барабану 21 приварены диски 17 и десять продольных ребер 22. Сердечник якоря собирают из отдельных штампованных сегментов и шихтуют на продольные шпильки 23, проходящие через отверстия в сегментах. Стыки сегментов расположены против середины сегментов предыдущего и последующего слоев. Собранный и опрессованный сердечник на корпусе удерживается двумя стальными обмоткодержателями, стянутыми шпильками 23 и прикрепленными к корпусу болтами и призонными штифтами, которые предотвращают обмоткодержатели от смещения под действием угловых ускорений при пуске и работе дизеля.

Так как сердечник якоря собран из отдельных сегментов, а внутренний диаметр его не может быть обработан с точностью, обеспечивающей крепление, то процесс посадки сердечника на ребра выполняется одновременно с центровкой. Для крепления сердечника применены встречные клиновые шпонки 16, закладываемые в пазы сегментов и ребер. Радиальный натяг между сердечником и корпусом создается расклиниванием шпонок при нагретом сердечнике.

Мощные генераторы ГП-311, МПТ-120/49, МПТ-120/55А имеют диаметр якоря 120 см, и поэтому их сердечники собраны из отдельных сегментов, так как по ГОСТу наибольший размер листа электротехнической стали 100 × 200 см.

Каждый лист сердечника якоря состоит из пяти сегментов. Для вентиляции обмотки якоря в сердечнике создаются радиальные каналы при помощи вентиляционных якорных листов (рис. 17, а). Для этого сердечник разделяют на пакеты и между ними прокладывают вентиляционные листы с распорками. Распорки к листу крепят расклепыванием шипов, а концы их приваривают точечной сваркой. Затем листы с обеих сторон покрывают лаком 302.

Передний подшипниковый щит главных генераторов воспринимает большие усилия, и его конструкция должна обладать значительной жесткостью, с тем чтобы не допускать вибрации и смещения щеткодержателей. Щит имеет сварную конструкцию, состоящую из ребер и колец. Ребра наклонены к оси машины, что обеспечивает жесткость и легкость конструкции; в центральной части щита образуется кольцо, к которому крепится капсуль 1. Такая конструкция позволяет вынуть капсуль и заменить подшипник без снятия подшипникового щита. Вал якоря опирается на двухрядный сферический самоустанавливающийся роликоподшипник типа 2Н3626К (ГОСТ 5721—57), смонтированный в капсуле щита. Полость подшипника заполняют консистентной смазкой 1-ЛЗ (ВТУ НП 21—58) или 1-13 (ГОСТ 1631—52) не более 800 г. При избытке смазки подшипник перегревается, излишек ее выдавливается из полости подшипника и попадает в коллекторную камеру. Задний подшипниковый щит защищает от попадания посторонних предметов внутрь генератора и от загрязнения. Для присоединения напорного воздухопровода задний щит имеет два люка.

К о л л е к т о р генератора (см. рис. 10) собран из пластин твердотянутой коллекторной меди (с присадкой серебра или кадмия), трапецевидного профиля. Легирующие присадки примерно вдвое увеличивают износостойчивость коллектора.

На генераторах мощностью 2000 кВт с большим диаметром якоря (120 см) применяются коллекторы с ленточными петушками, изготавливаемые из медной ленты сечением 2×20 мм (рис. 18).

Ленточный петушок 3 нижней частью припаивается твердым припоем к коллекторной пластине, а к верхней части петушка приклепывается и припаивается полоска 4, в которую впаивают (припоем ПОС-61) концы катушек обмотки якоря и уравнивательные соединения.

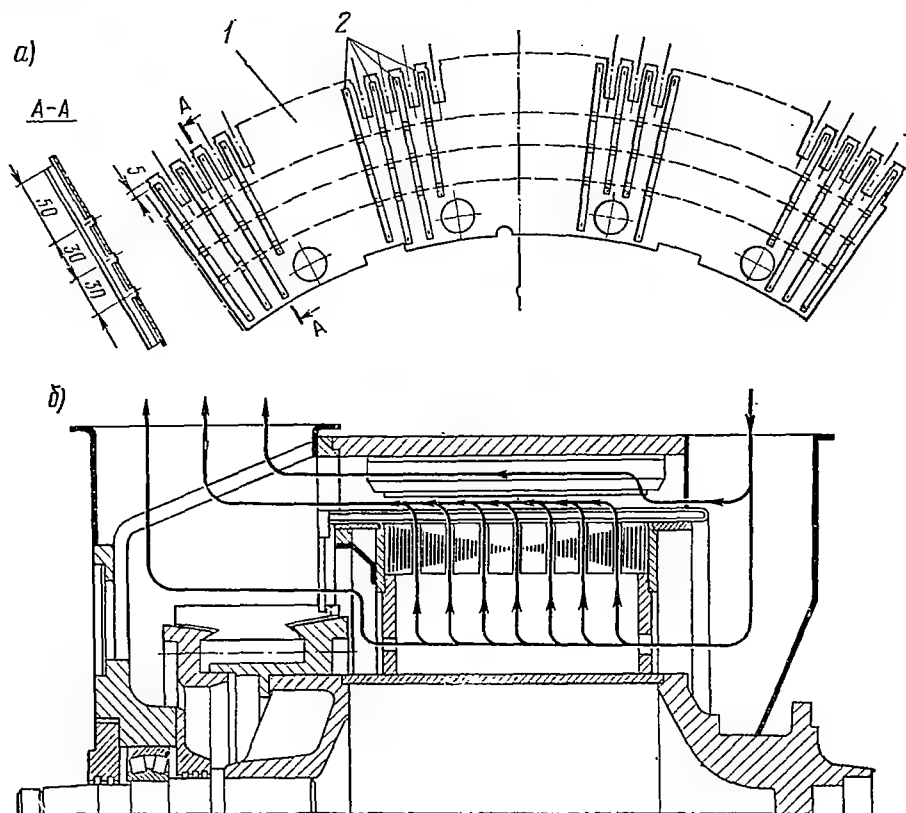


Рис. 17. Лист сердечника якоря вентиляционный (а) и схема вентиляции (б); 1 — сегмент; 2 — распорки вентиляционные; стрелками показано движение охлаждающего воздуха

На генераторах меньшей мощности петушки выполнены из коллекторной меди, а не из медной ленты. Для облегчения веса коллектора в пластинах сделаны отверстия.

Пластины изолированы друг от друга миканитом толщиной 1 мм, который является более твердым материалом, чем медь, и изнашивается медленнее.

Чтобы через определенный промежуток времени миканитовые прокладки не выступали над поверхностью коллекторных пластин, что

привело бы к подгоранию щеток и искрению. а значит, к перегреву и быстрому обгоранию коллекторных пластин, изоляцию между пластинами периодически фрезеруют (углубляют); наименьшая глубина в эксплуатации 0,5 мм.

Конструкция коллектора арочного типа. Пластины имеют выточки в форме ласточкина хвоста, в которые входят конусные части корпуса с одной стороны и нажимной шайбы — с другой. Пластины изолированы от корпуса манжетами из формовочного миканита на глифталевом лаке. Выступающая часть манжеты предохраняется от повреждения бандажом и покрывается, как и торцовые части пластин, изоляционной эмалью. Чтобы внутренние части коллектора не увлажнялись, необходимо уплотнять места посадки нажимной шайбы на корпус коллектора при помощи пропитанного шнура и промазки стыка снаружи густыми цинковыми белилами.

Коллектор стянут 18 шпильками из легированной стали марки 12ХН2, термически обработанными для достижения высокой прочности и вязкости. Коллектор обтачивают и шлифуют после сборки с якорем.

Для правильной работы щеточного аппарата центр окружности коллектора должен точно совпадать с осью вращения. После обточки коллектора на станке допускается биение поверхности не более 0,03 мм (по индикатору, в холодном состоянии).

Чтобы исключить деформацию коллектора в эксплуатации, его подвергают динамической формовке, т. е. разгоняют нагретый до 150° С коллектор до скорости вращения, превышающей на 20% максимальную эксплуатационную скорость. Разгон повторяют несколько раз. После каждого разгона подтягивают коллекторные болты.

Обмотка якоря двухходовая (однократнозамкнутая по волне) лягушачья (параллельно-последовательная), т. е. она состоит из волновой обмотки, уложенной в пазы с шагом 1—17, и петлевой, уложенной в пазы с шагом 1—16 (рис. 19).

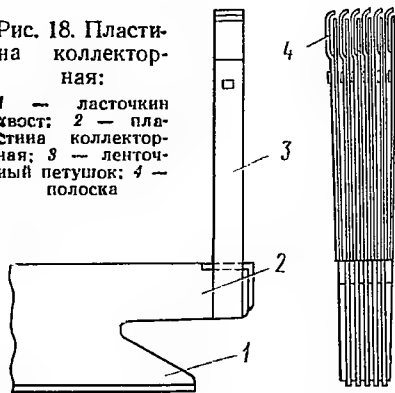
Шаг по коллектору волновой обмотки 1—92, а петлевой 44—46. Секции петлевой и волновой обмоток присоединяют к одним и тем же петушкам коллектора. При этом секции волновой обмотки, помимо своих основных функций, выполняют роль уравнительных соединений для петлевой обмотки.

В каждом пазу якоря уложено 12 стержней (четыре ряда по три стержня) из шинной меди (рис. 20).

Верхний и нижний ряды представляют собой стороны катушек волновой обмотки, два средних ряда — стороны катушек петлевой обмотки. Катушка состоит из трех элементарных одновитковых секций.

Рис. 18. Пластина коллекторная:

1 — ласточкин хвост; 2 — пластина коллекторная; 3 — ленточный петушок; 4 — полоска



Следовательно, в прорезь петушка коллектора вплавляют четыре проводника, расположенных по вертикали. Каждый стержень изолирован одним слоем в полуперекрышу (в полнахлеста) микаленты. Три стержня полукатушки изолированы тремя слоями микаленты (в полуперекрышу) и скреплены одним слоем стеклянной ленты (встык). В голов-

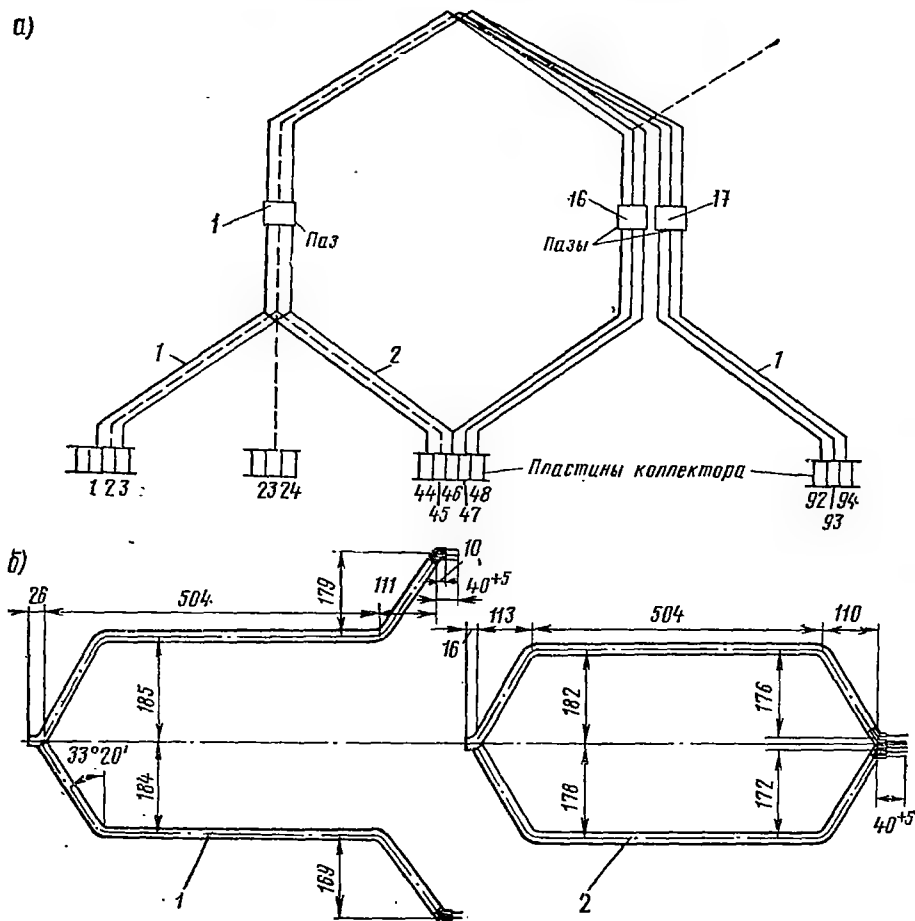


Рис. 19. Принципиальная схема обмотки (а) и катушек (б) якоря генератора ГП-311:

1 — секция волновой обмотки; 2 — секция петлевой обмотки

как катушек стержни изолированы одним слоем микаленты, а между слоями обмотки миканитовой изоляцией толщиной не менее 1 мм. Концы пазов якоря дополнительно изолированы картоном и миканитовой изоляцией. На дно паза уложена миканитовая прокладка. Для защиты изоляции катушки от загрязнения охлаждающим воздухом, непосредственно омывающим части катушки, проходящие через ра-

диальные вентиляционные каналы сердечника, катушку дополнительно изолируют коробочкой из электрокартона. Обмотка якоря удерживается в пазах текстолитовыми клиньями, под которые кладут электроизоляционный картон. Лобовые части обмотки укреплены двухслойными проволочными бандажками из немагнитной проволоки для улучшения условий коммутации, так как число оборотов генератора сравнительно большое (1000 об/мин) и коммутация осложняется. Диаметр проволоки бандажей 2 мм, натяжение для нижнего слоя при намотке 235—245 кг, для верхнего 215—225 кг. Проволочные бандажки по кругу пропаяны сплошным слоем припоя ПОС-40.

В настоящее время начали применять бандажки из стеклоленты на эпоксидном компаунде. После наложения бандажей якорь испытывают, сушат, покрывают серой эмалью и балансируют на станке.

Щеткодержатели и щетки. В электрических машинах с переменным направлением вращения якоря применяют радиальные щеткодержатели, в которых ось щетки является продолжением радиуса коллектора. В машинах с постоянным направлением вращения применяют реактивные щеткодержатели, в которых щетки наклонены к поверхности коллектора. Такая конструкция щеткодержателя уменьшает потери на трение щетки в корпусе и создает более спокойную работу щеточной системы.

Главный генератор тепловоза 2ТЭ10Л, якорь которого вращается только в одном направлении (по часовой стрелке, если смотреть со стороны коллектора), имеет десять бракетов, и на каждом укреплено по девять реактивных щеткодержателей.

Корпус 2 щеткодержателя (рис. 21) отлит из кремнистой латуни и имеет две прорези: с наклоном 30° к радиусу коллектора (для набегавшей щетки) и с наклоном 10° для сбегавшей щетки.

Бракет 3 отлит из алюминиевого сплава и крепится к кронштейну подшипникового щита двумя изоляционными подвесками 1, изготовленными из микалекса и армированными специальным болтом с одной стороны и гайкой с другой. Нажатие на щетки (марки ЭГ-74) осуществляется спиральными пружинами через курки 8. Силу нажатия регулируют изменением затяжки пружины путем перестановки ее конца из одного зубца храповика в другой. Давление на щетку должно быть в пределах 800—1 200 г. Ток от щеток отводится по медным плетеным канатикам (шунтам 6), наконечники 9 которых прикреплены винтами к бракету.

Щеткодержатели прикреплены к бракетам болтами 5 с квадратными головками. Положение щеткодержателей относительно поверхности коллектора (2—3 мм) регулируют прорезью под болтом 5.

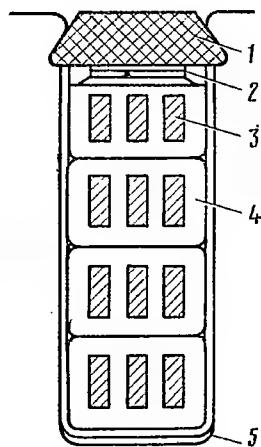
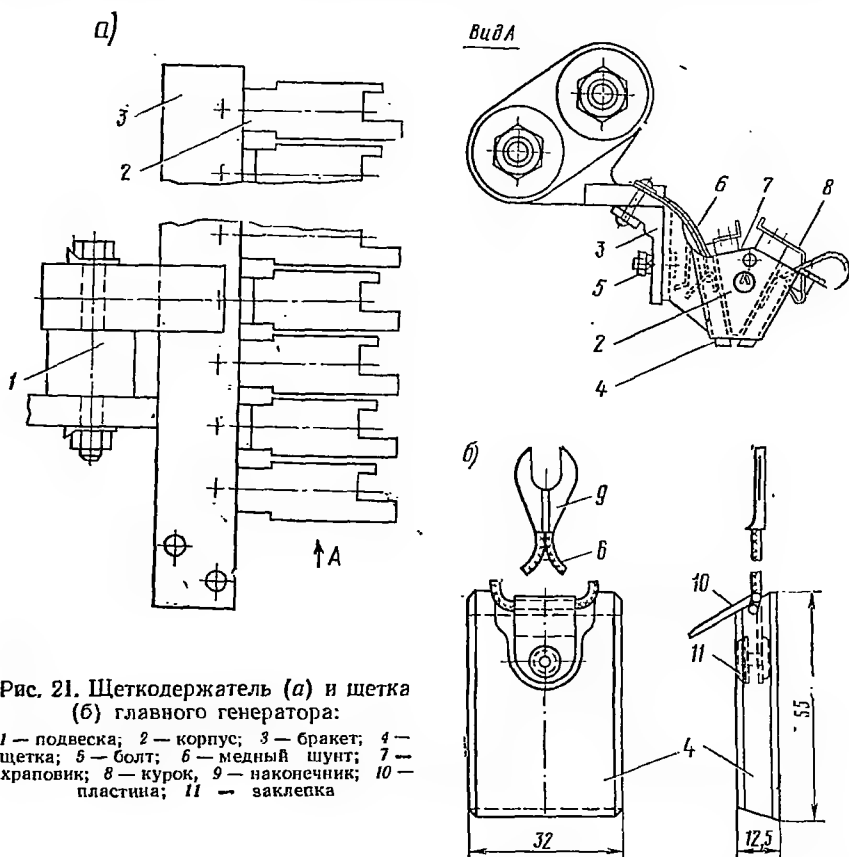


Рис. 20. Разрез паза якоря генератора:

1 — клин; 2 — картон; 3 — проводник; 4 — микалента и стеклянная лента; 5 — микалитовая прокладка

Установка на главный генератор щеток разных марок недопустима, так как приводит к неравномерному распределению тока в щетках и нарушению нормальной работы коллектора и обмотки якоря.

Бракетки расположены так, что оси щеткодержателей совпадают с осями главных полюсов, т. е. находятся на нейтрали. Для осмотра щеток имеется поворотная траверса, представляющая собой легкую конструкцию из двух колец, соединенных ребрами по числу полюсов,



к которым прикреплены бракетки. Траверсу в положении, соответствующем нейтрали, фиксируют стопорными болтами. Траверса со щеткодержателями может поворачиваться на угол 360° . Для привода траверсы на шите установлена шестерня, имеющая зацепление с одним из колец траверсы, с зубчатой нарезкой. Поворот осуществляется вручную с помощью трещотки валоповоротного устройства дизеля. Каждые пять бракетов одной полярности соединены собирательной шиной.

В настоящее время на генераторах типа ГП-311Б устанавливаются щеткодержатели, снабженные устройством, обеспечивающим постоянное нажатие на щетки по мере их износа.

Корпус щеткодержателя имеет одно гнездо, в которое устанавливается разрезная щетка с резиновым амортизатором (подобно разрезным щеткам тяговых электродвигателей). Количество щеток уменьшилось в два раза, они не имеют наклона.

Вентиляция. На генераторах мощностью 2000 квт (МГТ-120/49, МГТ-120/55а, ГП-311) применена принудительная вентиляция, осуществляемая быстроходным и высоконапорным вентилятором производительностью 15 000 м³/ч. Вентилятор приводится во вращение от вала дизеля через соответствующую передачу. Охлаждающий воздух засасывается из атмосферы и через задний подшипниковый щит нагнетается в центральную полость якоря под давлением 140 мм вод. ст. Откуда проходит по радиальным каналам между пакетами (см. рис. 16), охлаждая сердечник и обмотку якоря, и выходит через зазор между полюсами и якорем к переднему щиту. От центральной полости якоря второй поток воздуха проходит между петушками коллектора, охлаждая коллектор (ленточные петушки являются как бы радиатором для коллектора и частично для обмотки якоря).

Часть воздуха из заднего щита также проходит в промежутки между полюсными катушками и охлаждает их.

Принудительная радиальная вентиляция обеспечивает интенсивное охлаждение обмотки якоря за счет непосредственного омыwania воздухом пазовых частей ее. Кроме того, охлаждающий воздух, подаваемый со стороны, противоположной коллектору, выдувает щеточную пыль из генератора.

Такая вентиляция позволила значительно повысить мощность генератора, хотя и потребовала увеличения длины якоря и некоторого усложнения его конструкции. Нужно отметить, что радиальная вентиляция вследствие большего разветвления потоков повышает опасность загрязнения генератора, т. е. более остро встает вопрос об очистке воздуха. На ряде опытных тепловозов устанавливают фильтры очистки воздуха на всасывающих отверстиях.

Принципиальная схема электрических соединений генератора показана на рис. 22 и 23.

Как видно из рисунков, ток от плюсовых щеток генератора по кабелю Я поступает в тяговые электродвигатели и по кабелю ДП, дополнительным полюсам (соединенным в две параллельные группы) возвращается к минусовым щеткам.

При пуске дизеля ток от плюса аккумуляторной батареи идет по кабелю Я, якорю генератора, дополнительным полюсам, кабелю ДП, пусковой обмотке генератора, кабелю П на минус батареи.

На рис. 24, а приведены внешние характеристики генератора для различных позиций контроллера.

Зависимость тока генератора от скорости для нескольких позиций контроллера машиниста с указанием точек подключения и отключения ослабления поля показана на рис. 24, б. Эти кривые широко используются в тяговых расчетах при определении нагревания генератора и для нахождения скоростей, при которых происходит срабатывание реле перехода.

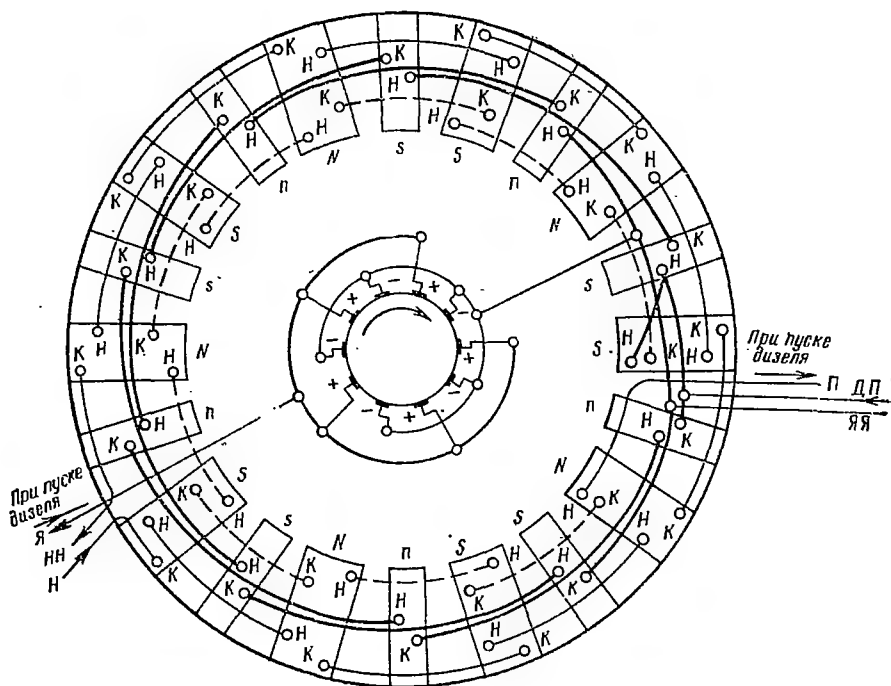


Рис. 22. Схема внутренних соединений главного генератора ГП-311Б (вид со стороны коллектора); пунктиром показаны соединения катушек пусковой обмотки, которые расположены со стороны, противоположной коллектору:

Я и ЯЯ — начало и конец обмотки якоря; Н и НН — начало и конец обмотки независимого возбуждения; П — начало пусковой обмотки; ДП — конец пусковой обмотки и дополнительных полюсов

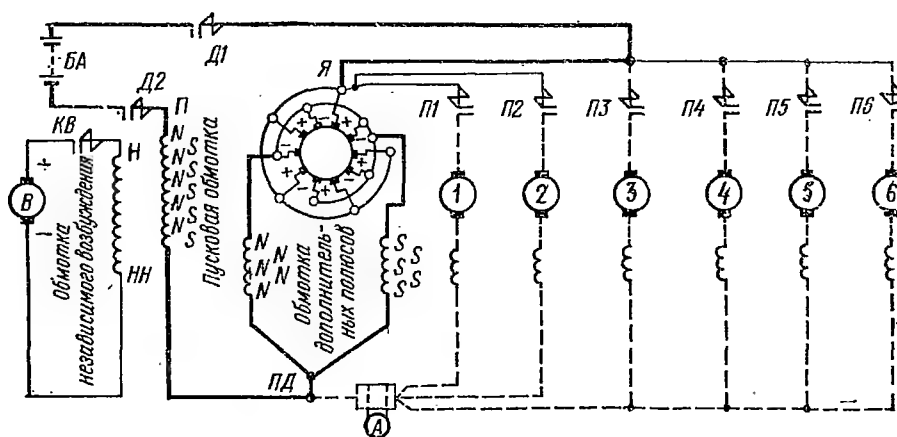


Рис. 23. Развернутая схема соединений обмоток генератора

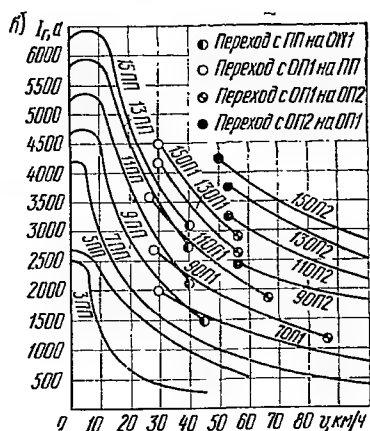
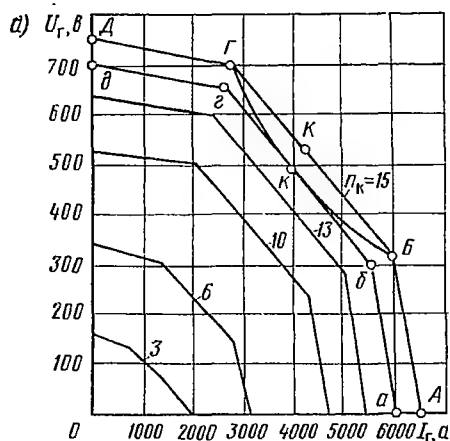


Рис. 24. Характеристики генератора:

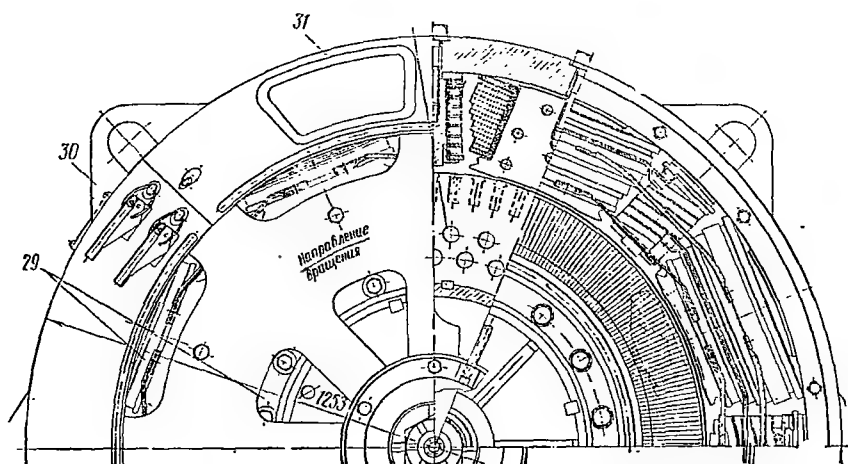
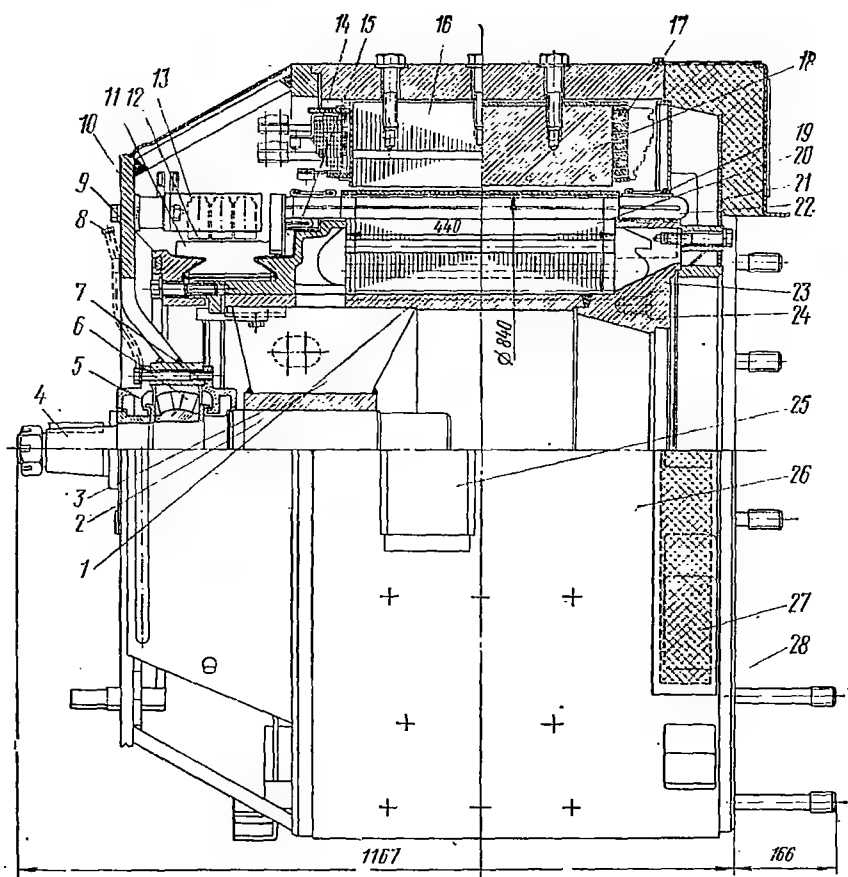
σ — внешние характеристики генератора на различных положениях контроллера; δ — характеристики изменения тока генератора I_T в зависимости от скорости движения n ; U_T — напряжение главного генератора; I_T — ток главного генератора; n_k — положение контроллера машиниста; n — скорость; ПП — параллельное соединение; ОП1 и ОП2 — то же с ослаблением поля

Главный генератор типа ГП-300Б, устанавливаемый на тепловозах ТЭМ2 (рис. 25), состоит из тех же основных частей, что и генератор тепловоза 2ТЭ10Л. При описании устройства генератора приведены только те особенности конструкции, которые отличают его от генератора ГП-311Б.

Техническая характеристика генератора ГП-300Б

Номинальная мощность	780 кВт
Длительный ток	1 210 а
Максимальный ток	1 900 »
Номинальное напряжение	645 в
Максимальное напряжение	870 »
Номинальная скорость вращения	750 об/мин
Обмотка якоря	Простая петлевая с уравнительными соединениями
Возбуждение	Независимое
Число главных полюсов	8
Число дополнительных полюсов	8
Воздушный зазор под главными полюсами	4 мм
То же под дополнительными	9 »
Диаметр коллектора	680 »
Длина рабочей части коллектора	183 »
Число коллекторных пластин	380
К. п. д.	94,5%
Вес	4 800 кг

Корпус якоря генератора одним концом жестко соединен 12 болтами (равномерно расположенными по окружности корпуса якоря; с фланцем коленчатого вала дизеля. Конец укороченного вала поддер-



живается самоустанавливающимся двухрядным роликовым подшипником № 3620, установленным в подшипниковом щите. Осовой разбег подшипника генератора равен 3 мм (для облегчения сборки), в то время как у седьмого коренного подшипника вала дизеля разбег меньше 1 мм, следовательно, все осевые усилия воспринимаются подшипником дизеля.

Сварная станина генератора изготовлена из толстолистовой стали СтЗ и имеет круглую форму. Одним концом с центрирующим буртом станина генератора прикреплена непосредственно к большому фланцу картера дизеля. На раму тепловоза генератор опирается лапами (через пружины), приваренными к станине. Сверху к станине приварены проушины, служащие для подъема генератора. Со стороны дизеля станина имеет закрытые сетками отверстия для выхода воздуха.

Воздух для охлаждения генератора засасывается через отверстия в подшипниковом щите.

Сердечник главного полюса размером 165 × 430 мм набран из листов электротехнической стали толщиной 1 мм, обладающей хорошей магнитопроводимостью.

Катушка главного полюса (рис. 26) имеет две обмотки: независимую 13 и пусковую 7. Данные обмоток генератора приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Наименование обмоток	Число витков	Сопротивление при 15° С, ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм	Класс изоляции
Обмотки главных полюсов:					
независимая	99	0,81	ПДА	4,1 × 6,9	В
пусковая	3	0,00314	МГМ	1,95 × 90	В
Обмотка дополнительных полюсов	7	0,00387	МГМ	14 × 20	Н
Обмотка якоря	—	0,00736	ПДА	1,81 × 5,5	Н

Пусковая обмотка имеет три витка из голой полосовой меди. Витки изолированы друг от друга миканитом, а от каркаса, на который они намотаны, — миканитом и прессшпаном.

Обмотка независимого возбуждения имеет девять слоев с различным числом витков. В процессе намотки каждый слой промазывают лаком. Катушки обмотки независимого возбуждения и пусковой соединены последовательно.

Рис. 25. Главный генератор ГП-300Б:

1 — барабан корпуса якоря; 2 — ребра; 3 — ступица корпуса якоря; 4 — вал; 5 — переднее лабиринтовое уплотнение; 6 — роликовый подшипник; 7 — заднее лабиринтовое уплотнение; 8 — трубка для смазки; 9 — нажимная шайба; 10 — подшипниковый щит; 11 — коллектор; 12 — щетки; 13 — щеткодержатель; 14 — обмотка главного полюса; 15 — уравнительные соединения; 16 — сердечник главного полюса; 17 — обмотка дополнительного полюса; 18 — сердечник дополнительного полюса; 19 — бандажи; 20 — сердечник якоря; 21 — щетки якоря; 22 — обмотка якоря; 23 — фланец; 24 — отверстия; 25 — опорные лапы; 26 — станина; 27 — сетка; 28 — центрирующий бурт; 29 — торцовые вентиляционные отверстия; 30 — проушина; 31 — крышка; 32 — вентиляционные каналы

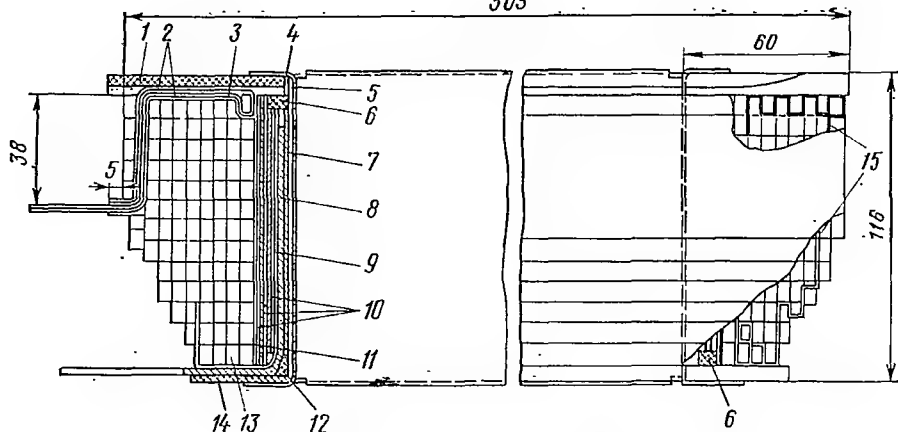


Рис. 26. Катушка главного полюса генератора ГП-300Б:

1, 14 — рамка изоляционная; 2, 6, 9, 10, 11 — micaианитовая изоляция; 3, 8 — выводы; 4 — каркас; 6, 12 — прокладка; 7 — катушка пусковая; 13 — катушка независимого возбуждения; 15 — изоляция из стеклолукоткани

Катушку, намотанную на каркас, сушат и еще в неостывшем состоянии покрывают серой эмалью, после чего сушат при температуре 120—130° С и снова покрывают эмалью с последующей сушкой.

Сердечники дополнительных полюсов (рис. 27) изготовлены из прокатной стали. Между сердечником и станиной генератора положено шесть стальных прокладок, регулирующих воздушный зазор под полюсами.

Между сердечником дополнительного полюса и катушкой расположены пружинящий каркас, на который наматывается катушка. Обмотка дополнительного полюса изготовлена из голй меди, намотанной на ребро в один слой; между витками поставлены прокладки из стеклотекстолита. Изоляцию из стекломикаленты и стеклоленты имеют только крайние витки.

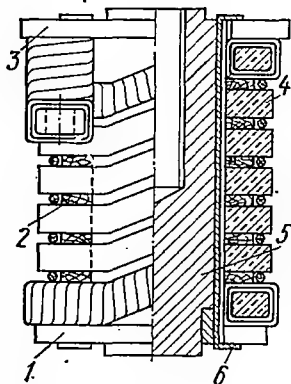


Рис. 27. Дополнительный полюс генератора ГП-300Б:

1, 3 — изоляционные рамки; 2 — прокладка из стеклотекстолита; 4 — витки обмотки; 5 — сердечник; 6 — каркас

Соединения обмотки главных и дополнительных полюсов показаны на рис. 28. Ток от щеток положительной полярности поступает в силовую цепь через зажим Я1Г(+), откуда возвращается на зажим ПД2, протекает по обмотке дополнительных полюсов, подходит к зажиму Я2Г(—) и возвращается на щетки отрицательной полярности.

Сердечник якоря набран из отдельных листов электротехнической стали марки Э-310.

Сердечник насажен на барабан корпуса якоря (см. рис. 25).

Коллектор генератора состоит из коробки, нажимной шайбы, коллекторных пластин, двух изоляционных манжет, изоляционного цилиндра и болтов, стягивающих шайбу и коробку коллектора. Коллектор напрессован на корпус якоря и закреплен приваркой четырех крючков.

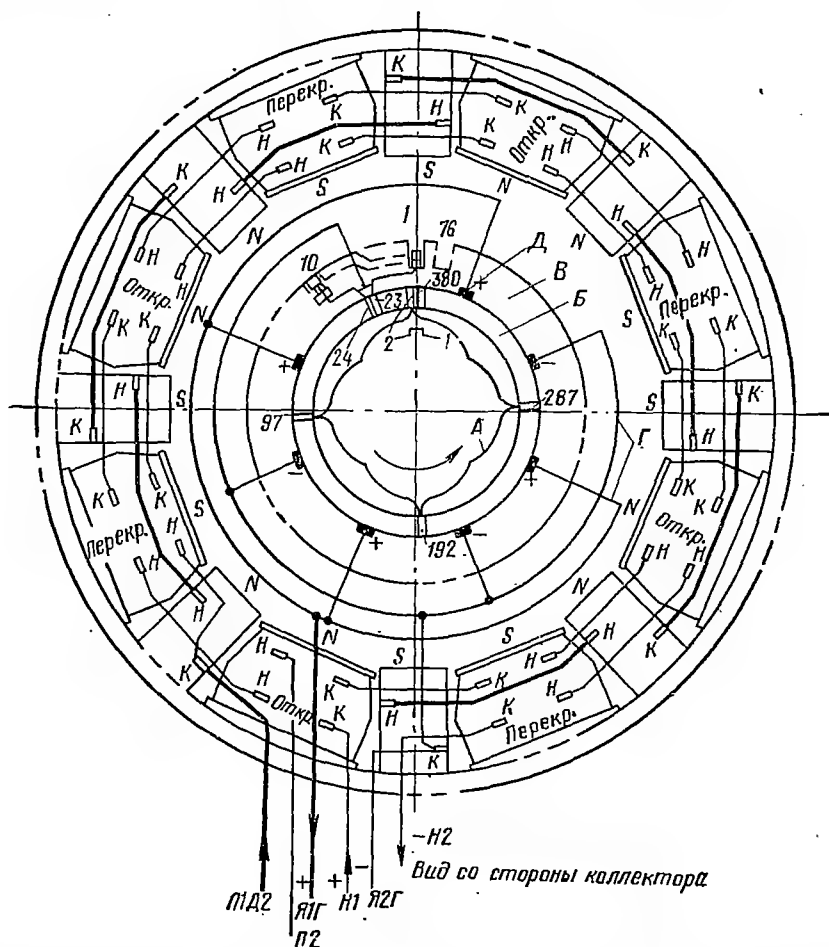


Рис. 28. Схема соединения обмоток якоря и полюсов генератора ГП-300Б: Н и К — выводные концы катушек; А — уравнивающие соединения; Б — коллектор; В — сердечник якоря; Г — собирательные шины; Д — щетки; цифры обозначают номера коллекторных пластин и пазов

Якорь генератора имеет петлевую обмотку с уравнительными соединениями. Обмотка якоря генератора выполнена из прямоугольной электролитической меди. Каждая секция обмотки (рис. 29) состоит из 15 проводников марки ПДА. Проводники покрыты стеклянной и миканитовой изоляцией, а затем вставлены в миканитовую гильзу, оклеенную слоем прессшпана. Сверху гильзы намотан слой стеклянной лен-

ты. Между секциями положены две миканитовые прокладки (рис. 30). Такие же прокладки уложены на дно паза и под крепящие обмотку клинья. Шаг обмотки якоря по пазам сердечника равен 1—10, шаг по коллектору 1—2.

Принципиальная схема обмотки якоря показана на рис. 31.

В местах выхода из сердечника секции дополнительно изолированы. Фланец якоря, на котором расположены задние лобовые части обмотки, служащие для соединения активных сторон секции, изолирован гибким миканитом, асбестом и покрыт тафтяной лентой.

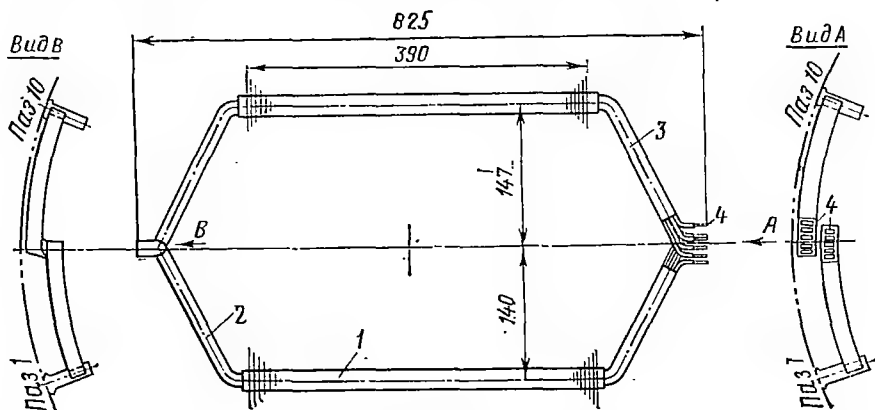


Рис. 29. Секции якорной обмотки генератора ГП-300Б:

1 — стороны секции, закладываемые в пазах; 2 — задние лобовые части; 3 — передние лобовые части; 4 — концы, закладываемые в прорези петушков коллектора

Обмотка якоря удерживается в пазах от действия центробежных сил изолятивными клиньями, а ее лобовые части укреплены проволочными бандажами. Места обмотки, на которые накладывают бандажи покрывают асбестовой тканью и прессшпаном.

Под передними лобовыми частями обмотки якоря в углублениях передней нажимной шайбы расположены уравнивательные соединения, выполненные из голый меди сечением $1,81 \times 6,9$ мм.

Шаг по коллектору для уравнивательных соединений равен 1—96, 6—101, т. е. уравнивательные соединения ставят через каждые пять коллекторных пластин. Концы обмотки якоря впаяны в коллекторные пластины, причем концы секций заложены в петушки коллектора плотно, без воздушных зазоров между проводниками, для чего между последними проложены медные клинья. После наложения бандажей якорь испытывают и сушат, а затем покрывают серой эмалью и балансируют.

Генератор имеет восемь реактивных щеткодержателей, подобных по конструкции щеткодержателям генератора тепловоза 2ТЭ10Л, но с той разницей, что здесь к каждому щеткодержателю прикреплены только три корпуса, т. е. в щеткодержатель устанавливаются шесть щеток марки ЭГ-14. Давление на щетку равно 860 Г.

Генератор ГП-300Б является самовентилирующей машиной с параллельной вентиляцией. Его вентиляторное колесо 21 (см. рис. 25) сварной конструкции с косыми крыльями крепится к корпусу якоря болтами.

Устройство генератора типа МПТ 120/49 тепловоза ТЭ10 показано на рис. 32.

Рассмотрим конструктивные особенности генератора этого типа. Сердечники главных полюсов шихтуются из листов электротехнической стали марки Э-310 толщиной 1 мм; сердечники дополнительных полюсов сплошные из стального проката. Катушки 6 главных полюсов намотаны из голей меди на ребро. В качестве межвитковой изоляции применена асбестовая бумага. Крайние витки дополнительно изолированы одним слоем в полуперекрышу микалентой и одним слоем в полуперекрышу стеклянной лентой. От сердечника катушка изолирована миканитом.

Катушки 10 дополнительных полюсов намотаны голей медью на ребро. Межвитковая изоляция состоит из гетинаксовых прокладок. Крайние витки изолированы микалентой двумя слоями в полуперекрышу и одним слоем в полуперекрышу стеклянной лентой; от сердечника катушка изолирована миканитом.

Якорь генератора имеет вал 1, впрессованный в корпус 13. На корпус шихтуется сердечник 12, состоящий из восьми пакетов листовой электротехнической стали марки Э-310 толщиной 0,5 мм. Каждый слой листов якоря состоит из пяти отдельных сегментов, лакированных с обеих сторон. Между пакетами имеются радиальные вентиля-

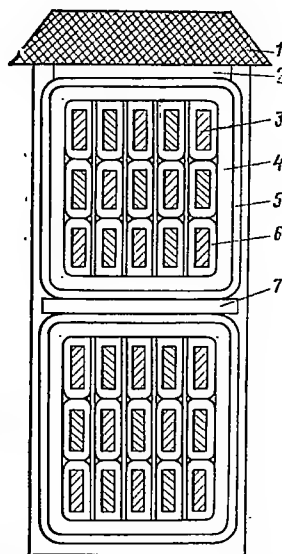


Рис. 30. Изоляция секции якорной обмотки в пазу главного генератора ГП-300Б:

1 — клнн изоляционный; 2 — слюдяная прокладка 0,2 мм; 3 — медь с дельта-асбестовой изоляцией; 4 — миканитовая лента в три слоя; 5 — микалентовая лента; 6, 7 — миканитовая изоляция

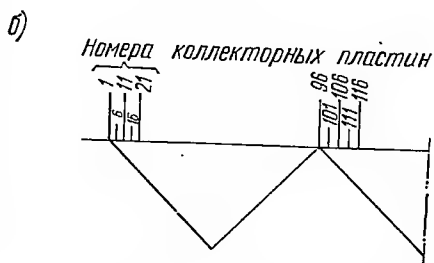
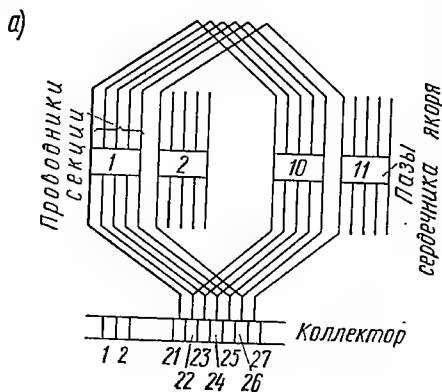


Рис. 31. Принципиальная схема обмотки якоря генератора ГП-300Б:

а — якорная обмотка; б — уравнивающие соединения

ционные каналы. Крайние листы сердечника изготовлены двойными из стали марки Э-13Ц во избежание распухания.

В пазах сердечника уложена обмотка якоря 11 из голлой меди. Катушка обмотки состоит из двух частей — петлевой и волновой; каждая содержит три витка. В пазу расположены две стороны различных катушек. В качестве витковой изоляции применена микалента (один слой в полуперекрышу). Корпусная изоляция состоит из микаленты; поверх корпусной изоляции наложена стеклянная лента.

Лобовые части уложены на обмоткодержатели, изолированные миканитом. Катушки закреплены в пазах текстолитовыми клиньями.

Коллектор 2 состоит из пластин кадмиевой меди, к которым приварены ленточные гибкие петушки. Коллектор стянут шпильками и насажен на корпус якоря. Вал якоря уложен на сферический роликовый подшипник, помещенный в щите 3. На щите укреплены кронштейны, в которых установлена поворотная траверса 5. На ребрах траверсы

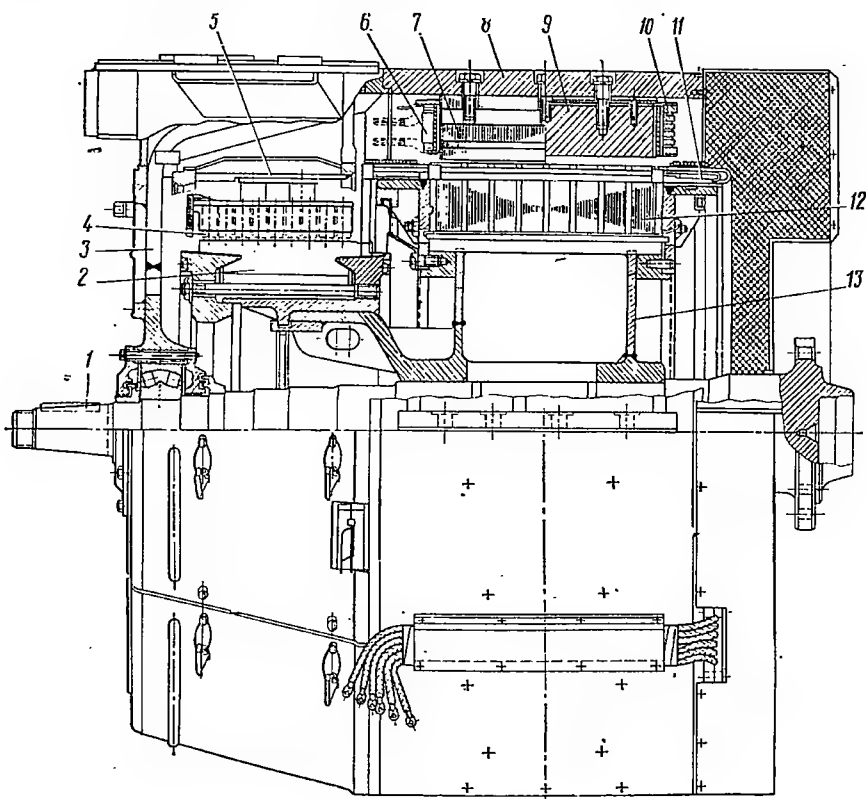


Рис. 32. Главный генератор МПТ 120/49:

1 — вал; 2 — коллектор; 3 — щит подшипниковый; 4 — щеткодержатель; 5 — поворотная траверса; 6 — катушка главного полюса; 7 — сердечник главного полюса; 8 — станина; 9 — сердечник дополнительного полюса; 10 — катушка дополнительного полюса; 11 — обмотка якоря; 12 — сердечник якоря; 13 — корпус якоря

расположены brackets со щеткодержателями 4. Траверса со щеткодержателями может поворачиваться на угол 360° .

Воздух для охлаждения забирается снаружи с боков кузова. В генератор он поступает со стороны привода через вентиляционные патрубки и высасывается со стороны коллектора.

Генератор типа МПТ 120/55А тепловоза ТЭП60 по конструкции аналогичен генератору тепловоза ТЭ10. У этого генератора нет лишь поворотной траверсы.

Синхронный генератор типа ГС-501А тепловоза ТЭ109 представлен на рис. 33. Генератор имеет мощность на стороне выпрямленного тока 2040 квт, максимальное напряжение 536 в, длительное 370 в,

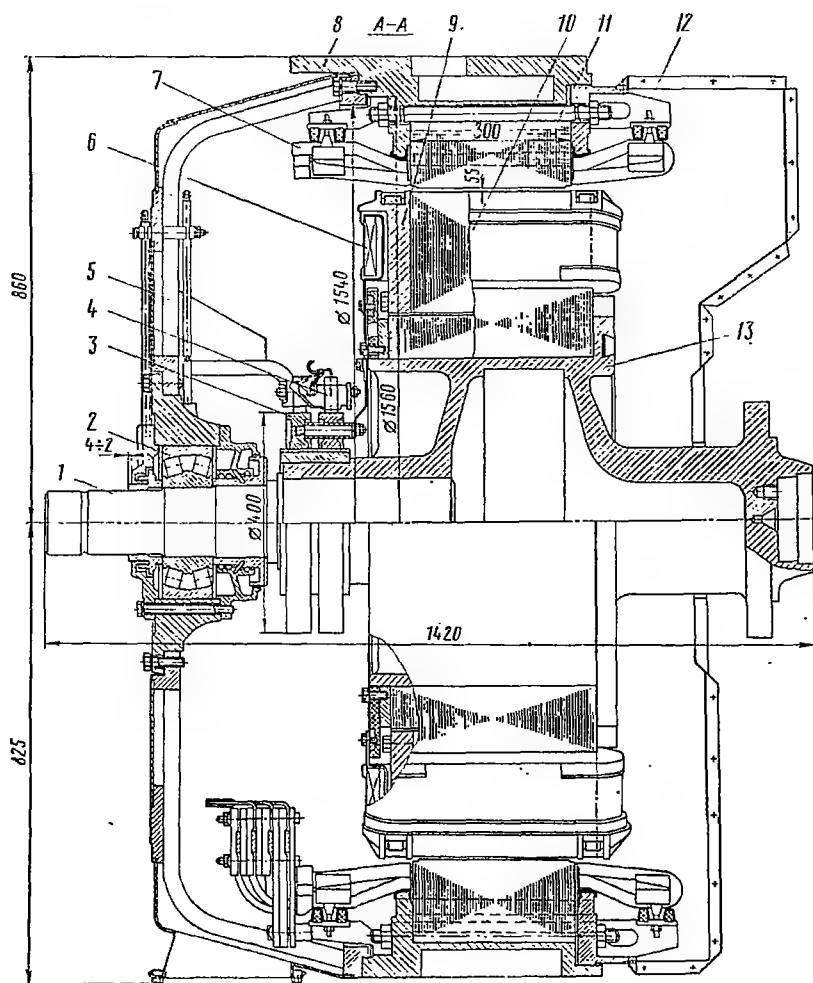


Рис. 33. Синхронный генератор типа ГС-501А (обозначения см. на рис. 33а)

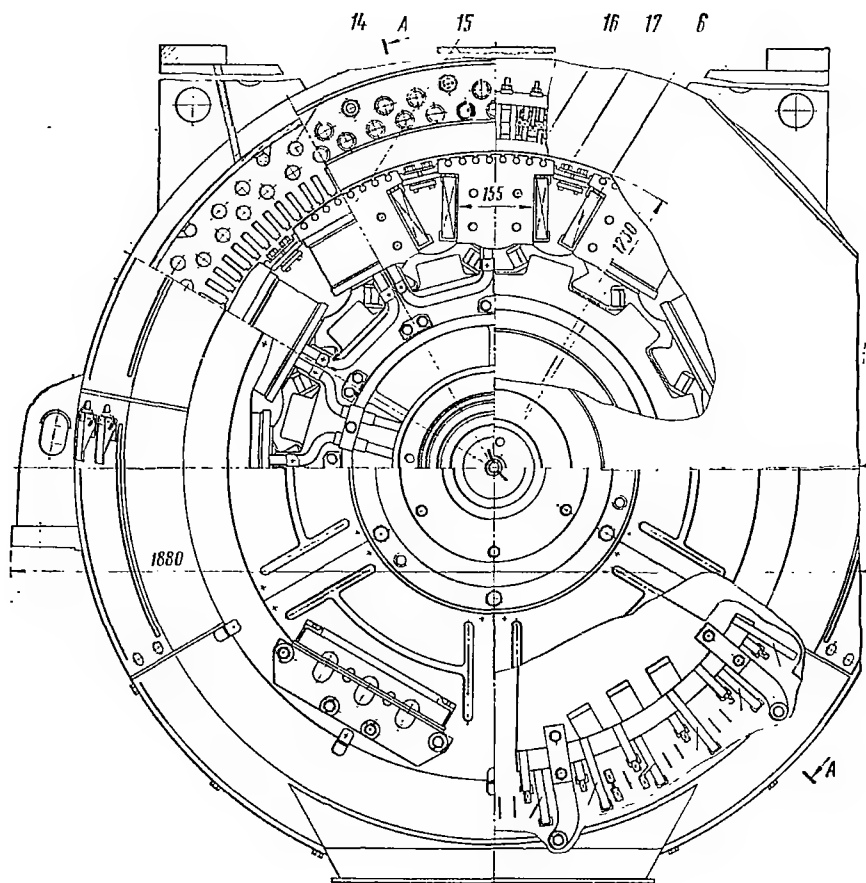


Рис. 33а. Синхронный генератор ГС-501А (поперечный разрез):

1 — вал; 2 — подшипник; 3 — контактные кольца; 4 — щеткодержатели; 5 — подшипниковый щит; 6 — катушка полюса ротора; 7 — обмотка статора; 8 — станина; 9 — щеки статора и ротора; 10 — ротор; 11 — сердечник статора; 12 — крепление лобовой части обмотки статора; 13 — корпус ротора; 14 — вентиляционные отверстия сердечника статора; 15 — сердечник полюса ротора; 16 — демферная обмотка; 17 — межкатушечные соединения

соответственно ток 2×1400 а и 2×2070 а; скорость вращения 1000 об/мин и частоту 100 гц. Вес генератора 6500 кг.

Генератор ГС-501А является двенадцатиполусной машиной. Корпус ротора подобен корпусу якоря генератора тепловоза ТЭЗ безвальной конструкции. Барабанная безвальная конструкция корпуса ротора отличается монолитностью и прочностью.

На корпус 13 наштампован несущий обод из листов с выштампованными пазами для крепления полюсов. Ротор 10 генератора является явнополюсным. Листы обода ротора стянуты двумя щеками 9 и шпильками с гайками. Сердечники полюсов 15 набраны из отдельных листов

электротехнической стали толщиной 1,4 мм марки 08КП, стянутых щеками и заклепками.

Катушки полюсов 6 выполнены из шинной меди размером $1,35 \times 25$ и залиты эпоксидным компаундом. Число витков на полюс 66, сопротивление обмотки при 20°C — 0,458 ом. Два конца от катушек выведены на стальные кольца и присоединены к ним шпильками. Токосвод осуществляется через щеткодержатели 4 с разрезными щетками размером $25 \times 32 \times 64$ мм марки ЭГ-4.

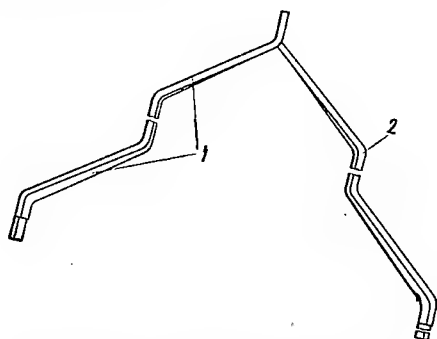
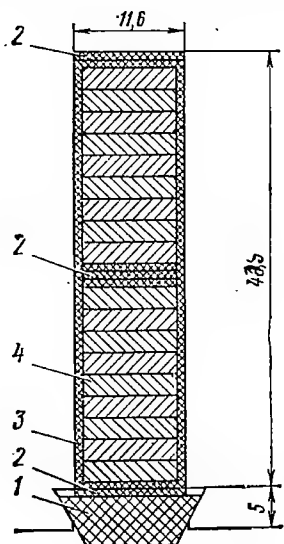


Рис. 35. Секция обмотки статора:
1 — передние и задние лобовые части; 2 — стороны секции, закладываемые в пазы

Рис. 34. Расположение обмотки статора в пазу

1 — клин; 2 — прокладки изоляционные;
3 — изоляция от корпуса; 4 — медь

Токосъемные контактные кольца 3 смонтированы на стальной втулке, изолированной пластмассой от корпуса ротора. Ротор имеет успокоительную обмотку (демпферную) 16, выполненную из 8 медных стержней на полюс диаметром 12 мм.

Статор набран из отдельных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, марки ЭЧ3 (ГОСТ 802—58). Имеет 144 пазы и 120 вентиляционных отверстий диаметром 27 мм.

Статор выполнен из отдельных сегментов, стянутых сварными щеками и закрепительными шпильками с гайками. Обмотка статора 7 двухслойная, волновая, стержневая. Шаг по пазам 1—13—25, сопротивление одной фазы при 20°C — 0,0011 ом.

Обмотка в пазах укреплена пластмассовыми клиньями, а лобовые части — специальными колодками на нажимных плитах статора 12. Соединение катушек осуществляется специальными шинами, жестко прикрепленными к корпусу статора.

Расположение обмотки статора в пазу показано на рис. 34, а секция обмотки статора — на рис. 35.

Генератор имеет шесть выводов: два вывода от нулевых точек обмотки статора, два от контактных колец ротора и два от обмотки возбуждения.

Вентиляция аксиальная (осевая), принудительная, расход воздуха 4,45 м³/сек при напоре не более 150 мм вод. ст., вход воздуха со стороны дизеля, выход со стороны токосъемных колец. Изоляция ротора класса В, а статора класса Н.

§ 3. ДВУХМАШИННЫЕ АГРЕГАТЫ.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ГЛАВНОГО ГЕНЕРАТОРА

Вспомогательный генератор и возбудитель генератора на тепловозах, как правило, выполняются в виде двухмашинного агрегата.

На тепловозе 2ТЭ10Л установлен агрегат А706, состоящий из возбудителя типа В-600 и вспомогательного генератора типа ВГТ-275/120. Возбудитель служит для питания обмотки возбуждения главного генератора и представляет собой генератор постоянного тока нормального исполнения, выполненный на базе возбудителя тепловоза ТЭЗ.

Вспомогательный генератор предназначен для питания размагничивающей обмотки возбудителя, обмотки возбуждения синхронного подвозбудителя, цепей управления, освещения, заряда аккумуляторной батареи и привода различных механизмов тепловоза.

Двухмашинный агрегат отличается от применяемого на тепловозе ТЭЗ тем, что вместо возбудителя с радиальным расщеплением полюсов применен генератор с независимым возбуждением.

Двухмашинный агрегат выполнен в одном корпусе. Общий вал агрегата опирается на два подшипника, свободный конец вала расположен со стороны вспомогательного генератора.

Техническая характеристика двухмашинного агрегата А706

Возбудитель

Тип	В-600 постоянного тока, самовентилирующийся
Номинальная мощность	15 кВт
Номинальное напряжение	150 в
Длительный ток	100 а
Скорость вращения якоря	850—1800 об/мин
Обмотка якоря	Волновая

Вспомогательный генератор

Тип	ВГТ-275/120 постоянного тока, самовентилирующийся
Номинальная мощность	12 кВт
Номинальное напряжение	75 в
Длительный ток	160 а
Скорость вращения якоря	850—1800 об/мин
Обмотка якоря	Волновая
Количество полюсов:	
главных	6*
дополнительных	5
Воздушный зазор под полюсами:	
главными	2 мм
дополнительными	3 »

* Для возбудителя и для вспомогательного генератора.

Основные данные обмоток приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование обмотки	Число витков	Сопротив- ление при 15° С, ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм
Вспомогательный генератор				
Параллельная	450*	7,92	ПБД	Ø 1,95
Дополнительных полюсов	17	0,0195	МГМ	4,4×6,9
Якорная	130	0,033	Медь голая	1,16×5,1
Возбудитель				
Независимого возбуждения	188*	2,85	ПБД	Ø 1,95
Размагничивающая	140*	5,14	ПБД	Ø 1,35
Дополнительных полюсов	17	0,0195	Медь голая	4,4×6,9
Якорная	130	0,033	То же	1,16×5,1

* На полюс.

Якоря возбудителя и вспомогательного генератора смонтированы на общем валу, получающем вращение от вала главного генератора через передний распределительный редуктор, карданные валы и промежуточную опору. Привод двухмашинного агрегата и вентилятора охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки показан на рис. 36.

1 — двухмашинный агрегат; 2 — вал карданный; 3 — опора подшипников; 4 — компрессор; 5 — вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей; 6 — редуктор распределительный; 7 — основание (фундамент)

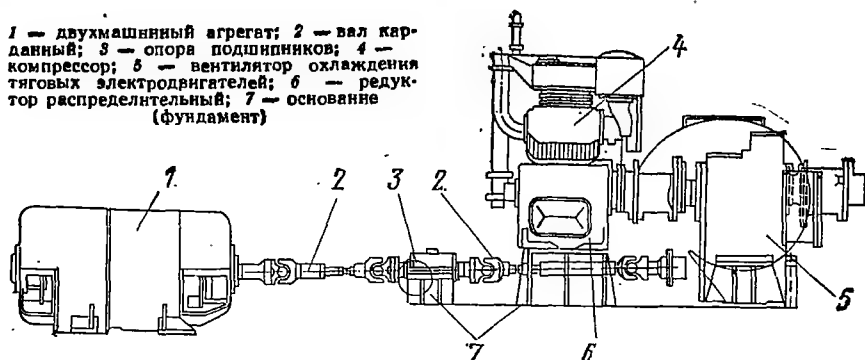


Рис. 36. Привод двухмашинного агрегата и вентилятора охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки:

Двухмашинный агрегат (рис. 37) состоит из следующих основных частей: станин и якорей возбудителя и вспомогательного генератора, главных и дополнительных полюсов, подшипников, вентилятора и щеткодержателей.

К станинам 6 возбудителя и 10 вспомогательного генератора, имеющим цилиндрическую форму, приварены четыре опорные лапы.

Торцовые части агрегата сверху закрыты щитками 4 и 13, снимаемыми при осмотре коллектора. Вал 16 опирается на два шарикоподшипника, внутренние кольца которых напрессованы на вал, а наружные закреплены между капсулями и крышками.

Вентилятор 9, расположенный в средней части двухмашинного агрегата и прикрепленный болтами к фланцу корпуса якоря вспомогательного генератора, двойной, поэтому потоки воздуха, охлаждающего возбудитель и вспомогательный генератор, независимы. Охлаждающий

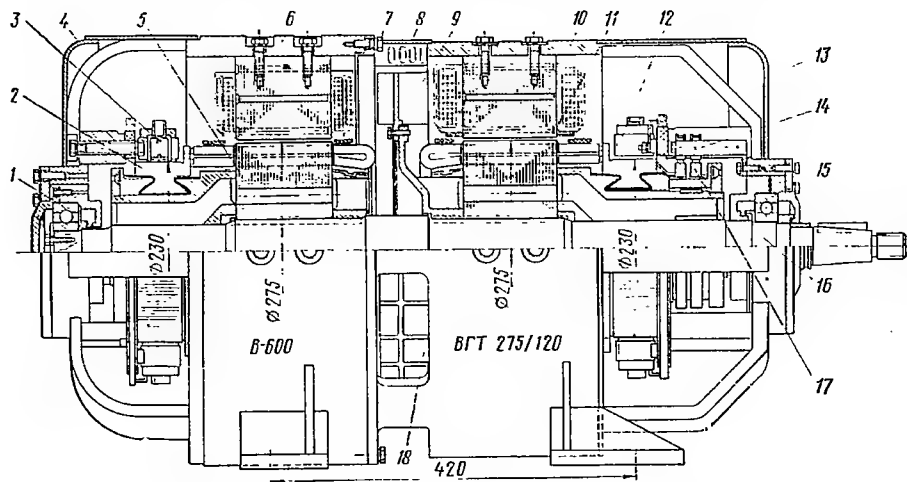


Рис. 37. Двухмашинный агрегат тепловоза 2ТЭ10Л:

1, 15 — подшипники; 2, 14 — коллекторы; 3, 12 — щеткодержатели; 4, 13 — щитки; 5 — якорь возбудителя; 6 — станина возбудителя; 7 — болты, скрепляющие станины возбудителя; 8 — сетка; 9 — вентилятор; 10 — станина вспомогательного генератора; 11 — якорь вспомогательного генератора; 16 — вал якоря; 17 — контактные кольца; 18 — вентиляционные отверстия

воздух всасывается через открытые нижние части подшипниковых щитов, а выбрасывается через выпускные вентиляционные отверстия 18, находящиеся в середине станины. Вентиляция двухмашинного агрегата параллельная.

Возбудитель имеет шесть главных и пять дополнительных полюсов. На главных полюсах возбудителя размещены две обмотки: независимая, питаемая от магнитного усилителя напряжением до 40 в, и размагничивающая, подключенная к вспомогательному генератору. Последняя снимает остаточное намагничивание и дает возможность снижать напряжение главного генератора почти до нуля, чем обеспечивает ограничение тока генератора при разгоне тепловоза. При аварийном режиме полярность обмотки меняется и она становится подмагничивающей.

Сердечники главных полюсов собраны из штампованных листов стали марки Ст2 и скреплены заклепками. Сердечники дополнительных полюсов отлиты из стали марки 15-ЛК-1.

Схема внутренних электрических соединений возбuditеля приведена на рис. 38.

На тепловозах ТЭП10 и ТЭ40 возбuditель В-600 и вспомогательный генератор ВГТ-275/120А установлены в виде отдельных машин.

Вспомогательный генератор ВГТ-275/120А, кроме коллектора, снабжен двумя контактными кольцами 17 (см. рис. 37), с которых снимается переменный ток для питания электропневматического тормоза и других аппаратов.

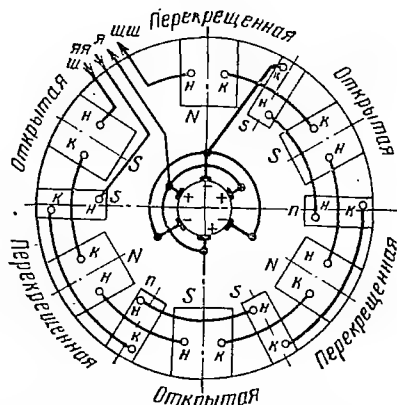
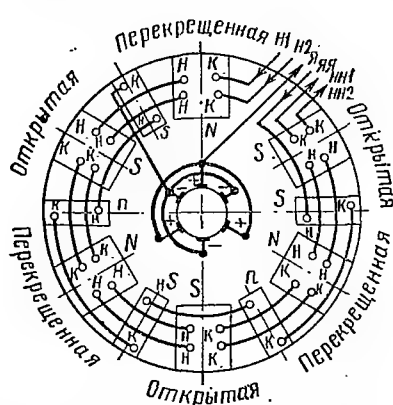


Рис. 38. Схема внутренних соединений возбuditеля В-600 (вид со стороны коллектора):

Рис. 39. Схема внутренних соединений вспомогательного генератора ВГТ-275/120 (вид со стороны коллектора):

Н1—НН1 — независимая обмотка; НН2 — размагничивающая обмотка; Я—ЯЯ — обмотка якоря

Ш—ШШ — обмотка параллельного возбуждения; Я—ЯЯ — обмотка якоря

Вспомогательный генератор также имеет шесть главных и пять дополнительных полюсов, выполненных подобно полюсам возбuditеля. Катушки параллельного возбуждения главных полюсов намотаны из круглой обмоточной меди. Они изолированы от корпуса тремя слоями микаленты и одним слоем тафтяной ленты. Готовые катушки компандируют.

Изоляция катушек дополнительных полюсов состоит из двух слоев микаленты и одного слоя тафтяной ленты. Эти катушки одинаковые для возбuditеля и вспомогательного генератора. Под катушками главных и дополнительных полюсов двухмашинного агрегата расположены пружинящие рамки.

Сердечники якорей обеих машин набраны из листов электротехнической стали марки Э-13П толщиной 0,5 мм, насаженных на вал и удерживаемых с одной стороны обмоткодержателями, а с другой — корпусами коллекторов.

Обмотки якорей волновые, имеющие две параллельные ветви с шагом по пазам 1—8, по коллектору 1—44 и с двумя мертвыми секциями.

Схема внутренних электрических соединений вспомогательного генератора приведена на рис. 39.

В пазу расположены верхняя и нижняя стороны двух катушек (рис. 40), каждая из которых состоит из трех одновитковых секций. Секция имеет два параллельных проводника.

Каждый проводник обмотки якоря изолирован одним слоем миканиты толщиной 0,1 мм. Катушка в пазовой части изолирована от корпуса микашелком, поверх которого наложена стеклотента. Пазы открытые, без клиньев.

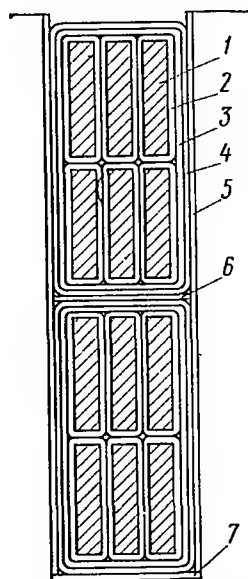


Рис. 40. Расположение обмотки в пазу якоря двухмашинного агрегата;

1 — проводник; 2 — межвитковая изоляция; 3, 4 и 5 — изоляция от корпуса; 6 и 7 — прокладки

Обмотка якоря удерживается в пазах и лобовых частях бандажами из стальной проволоки; бандажи изолированы от обмотки двумя слоями электрокартона и одним слоем гибкого миканита. Изоляция обмоток якорей двухмашинного агрегата относится к классу В.

Коллекторы возбуждателя и вспомогательного генератора одинаковые (см. рис. 37). Каждый собран из 130 штампованных пластин; между пластинами уложены прокладки из миканита толщиной 1 мм. Пластины изолированы от корпуса манжетами из формовочного миканита и укреплены с помощью нажимных конусов, стягиваемых гайками.

Щеткодержатели (в каждом из них помещена одна щетка марки ЭГ-4 размером 12,5 × 44 × 40 мм) прикреплены к траверсам, выполненным в виде колец из гетинакса. На каждой траверсе установлены шесть щеткодержателей, корпуса которых отлиты из латуни. Нажатие на щетку осуществляется через откидной курок спиральной пружины, величина нажатия 1,1—2 кг.

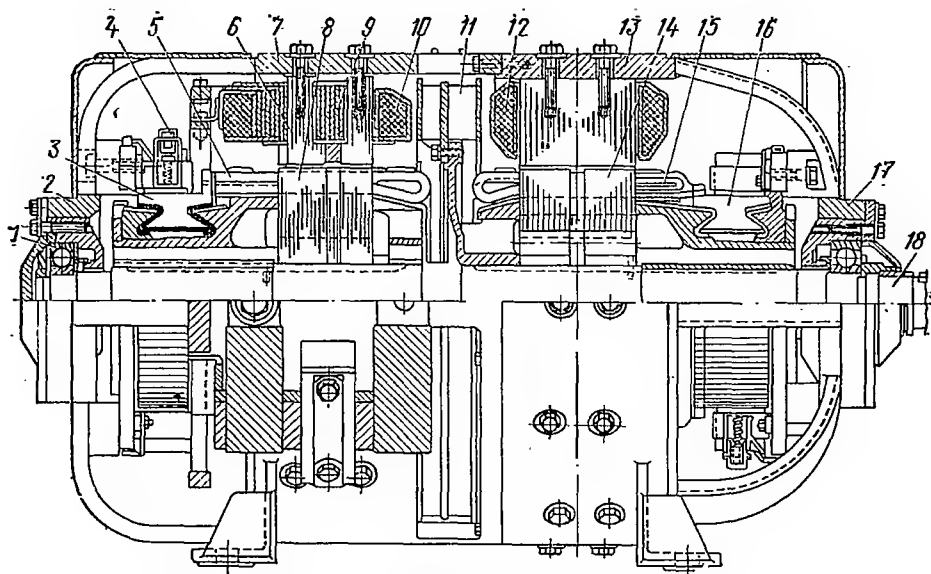
Для регулирования положения щеток по отношению к нейтрали отверстия в траверсе под крепящие болты выполнены овальными

и допускают ее поворот на небольшой угол. После испытаний на заводе положение траверсы отмечается риской и красной чертой.

Двухмашинный агрегат на тепловозах ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ2 и ТЭ1 состоит из возбуждателя и вспомогательного генератора (рис. 41).

Техническая характеристика двухмашинного агрегата

	Возбудитель	Вспомогательный генератор
Тип	МВТ-25/9 постоянного тока, самовентилирующийся	МВГ-25/11 постоянного тока, самовентилирующийся
Номинальная мощность	3,6/5,6 кВт	5/5,75 кВт
Номинальное напряжение	55/75 в	75 в
Максимальное напряжение	75 »	—
Номинальный ток	65/75 а	66 а
Номинальная скорость вращения	1 776/2 000 об/мин	1776/2000 об/мин
Обмотка якоря	Волновая	Волновая



Вспомогательный генератор

Возбудитель

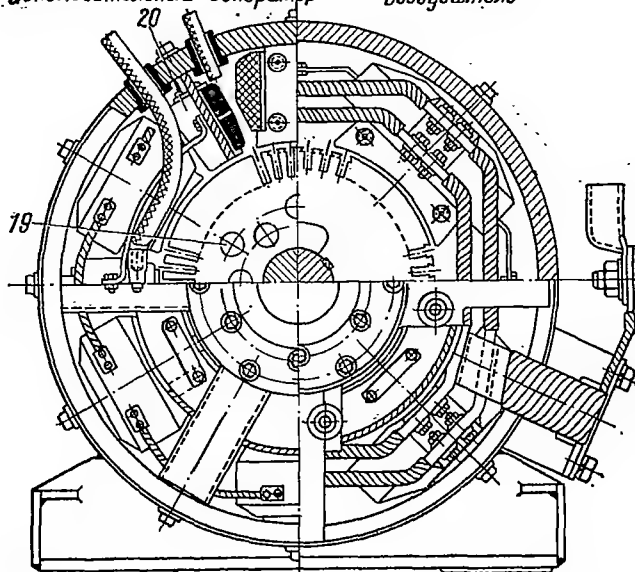


Рис. 41. Двухмашинный агрегат с возбудителем типа МВТ-25/9 и вспомогательным генератором типа МВГ-25/11:

1 — шарикоподшипник; 2 — подшипниковый щит возбудителя; 3, 16 — коллекторы; 4 — шеткодержатель; 5, 15 — обмотки якоря; 6 — сердечник главного полюса возбудителя; 7 — станина возбудителя; 8 — якорь возбудителя; 9 — дифференциальная обмотка возбудителя; 10 — параллельная обмотка возбуждения возбудителя; 11 — вентиляторное колесо; 12 — главный полюс вспомогательного генератора; 13 — станина вспомогательного генератора; 14 — якорь вспомогательного генератора; 17 — подшипниковый щит вспомогательного генератора; 18 — вал якоря; 19 — вентиляционные отверстия; 20 — дополнительный полюс

Возбудитель типа МВТ-25/9 является машиной с продольно расщепленными полюсами (рис. 42).

Конструктивно возбудитель и вспомогательный генератор составляют один агрегат, якорь которого приводится во вращение ременной передачей от вала дизеля.

Станины возбудителя и вспомогательного генератора (см. рис. 41) имеют кольцообразную форму. Снизу к ним приварены четыре лапы. Станина возбудителя прикреплена к станине вспомогательного генератора болтами.

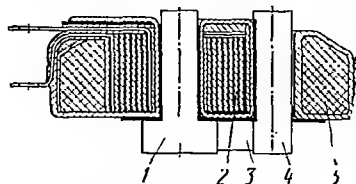
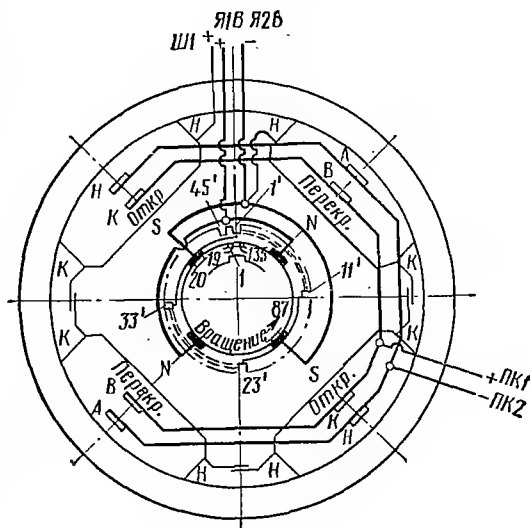


Рис. 42. Расщепленный полюс возбудителя МВТ-25/9:

1, 4 — сердечники полюса; 2 — дифференциальная обмотка; 3 — латунная проставка; 5 — параллельная обмотка

Рис. 43. Схема соединений обмоток полюсов и якоря возбудителя МВТ-25/9 (вид со стороны коллектора):

А, В, Н и К — концы катушек; 1, 11, 23, 33, 45 — пазы сердечника якоря; 1, 19, 20, 87, 135 — пластины коллектора



К фланцу якоря вспомогательного генератора прикреплено болтами вентиляторное колесо 11, имеющее двусторонние косые крылья. Вентиляция агрегата параллельная.

Основной магнитный поток создают четыре расщепленных главных полюса. Сердечники расщепленных полюсов разделены по оси на две части латунной проставкой.

На каждом полюсе возбудителя расположены две обмотки: независимая (параллельная) и дифференциальная 9. Независимая обмотка получает питание от вспомогательного генератора и якоря возбудителя и имеет 242 витка. Она выполнена из медной проволоки с эмалевой изоляцией. Витки обмотки уложены в 13 слоев.

Дифференциальная обмотка, выполненная из голый меди сечением $2,63 \times 47$ мм, имеет семь витков. В собранном виде катушки обмоток компаундированы и покрыты серой эмалью.

Катушки обмоток возбудителя, как и у главного генератора, выполняются с открытыми и перекрещенными выводами; выводные концы катушек независимого возбуждения имеют обозначения Н (начало) и К (конец), у дифференциальной обмотки — А и В (рис. 43).

Концы выводных проводов обозначены у дифференциальной обмотки $ПК1(+)$ и $ПК2(-)$, у независимой обмотки $Ш1(+)$ (минусовый вывод подсоединен к выводу $Я2В$), у обмотки якоря $Я1В(+)$ и $Я2В(-)$.

Сердечник якоря возбuditеля набран из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм: для правильной посадки на вал якоря сердечник имеет шпоночную канавку.

Примерно в середине сердечника якоря проложены 25 латунных листов толщиной 0,5 мм.

Обмотка якоря возбuditеля волновая (рис. 44, а) с двумя параллельными цепями. Секция обмотки выполнена из прямоугольной меди марки ПБД размером $1,16 \times 6,9$ мм. Каждая секция состоит из трех

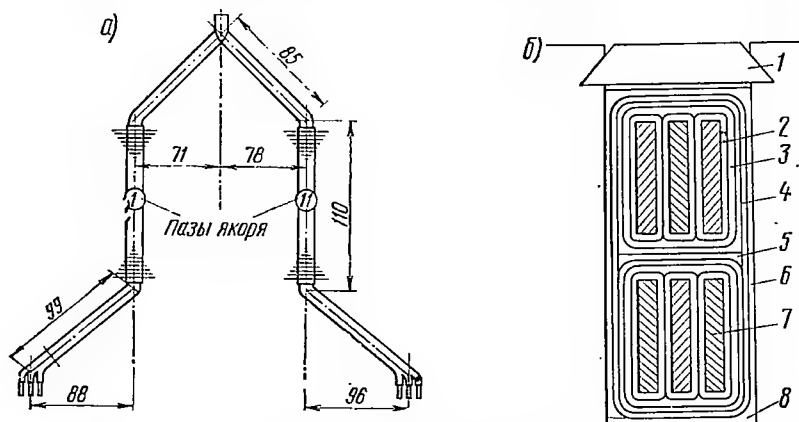


Рис. 44. Секция обмотки якоря (а) и ее расположение в пазу (б) якоря возбuditеля МВТ-25/9:

1 — гетинаксовый клин; 2 — пропитанный в лаке бумага; 3 — миканитовая бумага; 4 — лента батистовая, пропитанная в лаке; 5, 8 — прокладки миканитовые; 6 — прессшпон, 7 — медь

проводников. В паз уложены две секции (рис. 44, б). При закладке секций в паз на дно его и между секциями ставят миканитовые прокладки. Секции укреплены в пазах якоря гетинаксовыми клиньями. Выступающие части обмотки (лобовые части) удерживаются бандажами из проволоки диаметром 1,2 мм.

Концы секций обмотки якоря припаяны к петушкам коллекторных пластин. Шаг обмотки по пазам равен 1—11, шаг по коллектору 1—68. Коллектор состоит из 135 пластин.

На возбuditеле установлены четыре щеткодержателя. В каждом щеткодержателе помещена одна щетка марки ЭГ-14 размером $44 \times 12,5 \times 40$ мм. Нажатие на щетку должно составлять 1 — 1,1 кг.

Напряжение главного генератора на тепловозах ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ1 и ТЭ2 регулируется возбuditелем с продольно расщепленными полюсами.

Расщепленные полюсы разделены по длине латунной проставкой на две части (1 и 2). На них размещена (рис. 45) независимая (параллель-

ная) обмотка возбуждения, охватывающая обе части полюса, и дифференциальная, охватывающая только вторую часть.

Результирующая э. д. с., индуцируемая в обмотке якоря, равна алгебраической сумме э. д. с., индуцируемых потоками каждой части полюса,

$$E_{\text{в}} = E_1 + E_{11}.$$

По дифференциальной обмотке протекает ток главного генератора.

Независимая обмотка возбуждения имеет двойное питание: от вспомогательного генератора, напряжение которого поддерживается постоянным, и якоря возбудителя (рис. 46). Основным является питание от вспомогательного генератора, вследствие чего э. д. с. E_1 , создаваемая независимой обмоткой, почти не зависит от нагрузки (рис. 47).

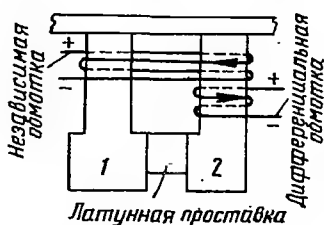


Рис. 45

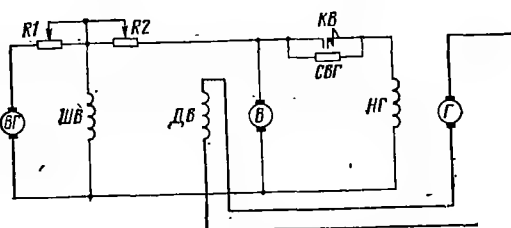


Рис. 46

Рис. 45. Схема расщепленного полюса

Рис. 46. Упрощенная схема возбуждения генератора тепловоза ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ2 и ТЭ1:

Γ — главный генератор; B — возбудитель; $BГ$ — вспомогательный генератор; $HГ$ — обмотка независимого возбуждения главного генератора; $ДВ$ — дифференциальная обмотка возбуждения возбудителя; $ШВ$ — параллельная (независимая) обмотка возбуждения возбудителя; $КВ$ — контактор возбуждения генератора; $R1, R2$ — регулируемые резисторы

Э. д. с. E_{11} индуцируется в якоре вследствие взаимодействия магнитных потоков независимой и дифференциальной обмоток.

При токе генератора, равном нулю ($I_{\Gamma} = 0$), поток в части 2 полюса создается только независимой обмоткой (см. рис. 45). С увеличением тока генератора поток уменьшается, так как поток дифференциальной обмотки противодействует потоку независимой обмотки. При равенстве ампер-витков обеих обмоток поток равен нулю. Если ток генератора продолжает увеличиваться, то магнитный поток меняет свое направление, т. е. преобладает поток дифференциальной обмотки. Э. д. с. E_{11} пропорциональна потоку (при постоянной скорости вращения якоря), поэтому ее можно представить кривой, показанной на рис. 47. На этом же рисунке приведена кривая э. д. с. возбудителя $E_{\text{в}}$, полученная в результате алгебраического сложения E_1 и E_{11} . Характеристика возбудителя, т. е. зависимость э. д. с. возбудителя от тока генератора, определяет внешнюю характеристику главного генератора.

Таким образом, подбирая магнитную характеристику возбудителя, можно создать такую внешнюю характеристику главного генератора

(см. рис. 4), которая на участке $б — в$ будет весьма близкой к гиперболе. Пренебрегая изменением к. п. д. генератора и вспомогательной нагрузки, можно считать, что в этих пределах мощность дизеля поддерживается постоянной.

Вспомогательный генератор типа МВГ-25/11 имеет шесть главных и шесть дополнительных полюсов. Возбуждение параллельное.

Обмотка якоря вспомогательного генератора волновая, с двумя параллельными ветвями. Секция обмотки выполнена из прямоугольной меди сечением $1,56 \times 5,1$ мм с изоляцией ПБД. Она состоит из двух витков, так называемая двухвитковая секция (рис. 48).

В пазах секции удерживаются проволоочным бандажом. Лобовые части в местах намотки бандажей дополнительно изолированы литерондом и асбестовым полотном.

Обмотка якоря имеет шаг по пазам 1—8, по коллектору 1—32. Коллектор собран из 92 коллекторных пластин.

В обмотке главного полюса 394 витка, она выполнена из круглой меди диаметром 1,56 мм.

После намотки на катушку накладывают временные бандажи из киперной ленты и она компаундируется. Затем бандажи снимают, накладывают миканит, а на углы дополнительно подкладывают прессшпан. После этого катушку изолируют киперной лентой в полуперекрышу и покрывают серой эмалью.

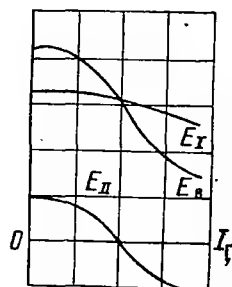


Рис. 47. Зависимость э. д. с. возбудителя E_v от тока генератора I_g :

E_{II} — э. д. с., создаваемая дифференциальной и независимой обмотками во второй части полюса; E_I — э. д. с., создаваемая независимой обмоткой в первой части полюса

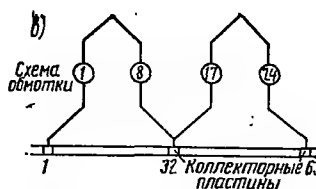
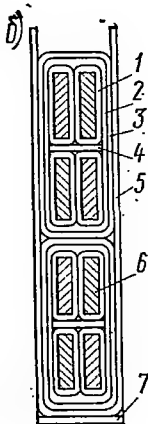
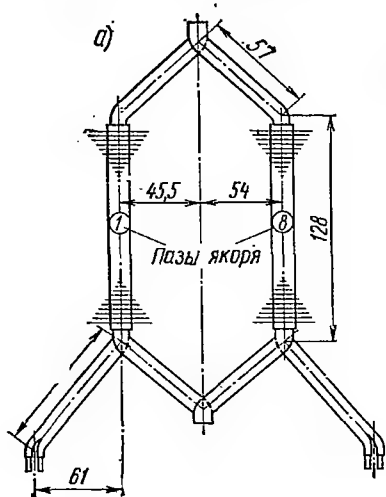


Рис. 48. Секция обмотки якоря (а), расположение обмотки в пазу якоря (б) и схема обмотки якоря (в) вспомогательного генератора МВГ-25/11:

1 — пропитанная в лаке бумага; 2 — миканитовая бумага; 3 — лента батиновая, пропитанная в лаке; 4 — прокладка из прессшпана; 5 — прессшпан; 6 — медь; 7 — миканитовая прокладка

Вспомогательный генератор снабжен четырьмя щеткодержателями. Щетки такие же, как и у возбудителя.

Регулирование напряжения главного генератора тепловозов типа ТЭ10 и ТЭП60 осуществляется с применением магнитных усилителей (см. гл. IV).

§ 4. ОДНОКОРПУСНЫЙ АГРЕГАТ А-705А

На тепловозах 2ТЭ10Л, ТЭ10 и ТЭП60 установлен агрегат А-705А, техническая характеристика которого приведена в табл. 5.

Таблица 5

Параметры	Тип электрической машины	
	ГС-500	ТГ-83/35
Мощность, кВт	1,1	0,12
Напряжение, в	110	24
Ток, а	10	5
Скорость вращения якоря, об/мин	4 000	4 000
Частота, гц	133	—
cos φ	0,5	—
Щетки	ЭГ 8	
Размер щеток, мм	10×12,5×32	
Давление на щетку, кг	0,35—0,45	
Вес агрегата, кг	85	
Воздушный зазор под главными полюсами, мм	13	1,3
К. п. д.	—	0,6

Синхронный подвозбудитель ГС-500 и тахогенератор ТГ-83/35 выполняются в виде двухмашинного агрегата.

Подвозбудитель представляет собой четырехполюсный однофазный синхронный генератор, предназначенный для питания системы возбуждения возбудителя переменным током. Возбуждение генератора независимое, величина напряжения 30 в.

Подвозбудитель является синхронной машиной обращенного типа, т. е. конструктивно машиной постоянного тока, у которой вместо коллектора установлены контактные кольца.

Тахогенератор — двухполюсная машина постоянного тока с независимым возбуждением (напряжением 75 в), предназначенная для питания задающей обмотки магнитного усилителя, включенного в цепь возбуждения возбудителя.

Основные данные обмоток агрегата приведены в табл. 6.

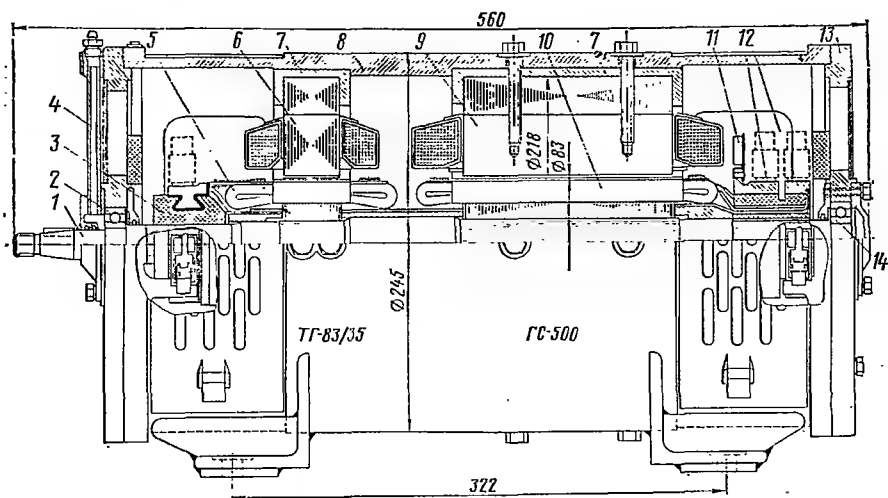
Подвозбудитель и тахогенератор (рис. 49) монтируют в одном корпусе на двух подшипниках, якоря машин имеют общий вал, который получает вращение от вала дизеля (со стороны холодильной камеры) через пластинчатую муфту, задний распределительный редуктор, карданный вал, одноступенчатый редуктор и двоянную упруго-эластич-

Таблица 6

Наименование обмоток	Число витков на полюс	Сопротивление при 15° С, ом	Диаметр провода без изоляции, мм
Синхронный подвозбудитель			
Независимого возбуждения	250	5,76	1,35
Якоря	192/4	0,506	1,08
Тахогенератор			
Независимого возбуждения	220	1,93	1,08
Якоря	224/2	0,38	1,08

Примечание. Марка провода ЛБД, класс изоляции А.

ную муфту. Исполнение агрегата закрытое, с самовентиляцией. Направление вращения левое (если смотреть со стороны контактных колец).

Рис. 49. Однокорпусный агрегат А-705А₂

1 — вал; 2, 14 — подшипники; 3 — коллектор тахогенератора; 4 — крышка; 5 — обмотка якоря тахогенератора; 6 — главный полюс; 7 — магнитная система; 8 — корпус; 9 — главный полюс подвозбудителя; 10 — обмотка якоря; 11 — вентилятор; 12 — контактные кольца; 13 — крышки

Агрегат состоит из станин и якорей подвозбудителя и тахогенератора, главных полюсов, подшипниковых щитов и щеткодержателей. Дополнительные полюсов обе машины не имеют.

Сердечники главных полюсов подвозбудителя и тахогенератора набирают из отдельных листов электротехнической стали марки Э-41.

Главный полюс подвозбудителя имеет демпфер, предназначенный для уменьшения пульсации магнитного потока главных полюсов, вызванного магнитным потоком якоря. Демпфер выполнен из одного витка листовой меди толщиной 2 мм. Станина тахогенератора также шихтована из стали Э-41.

В левой и правой части агрегата имеются крышки 13, снимаемые при осмотре коллектора и контактных колец.

Так как машины небольшой мощности, то для обеспечения стабильной работы их магнитные системы залиты в алюминиевую оболочку и запрессованы в наружную трубчатую станину. Это предохраняет от воздействия внешних магнитных полей главного генератора и силовых кабелей.

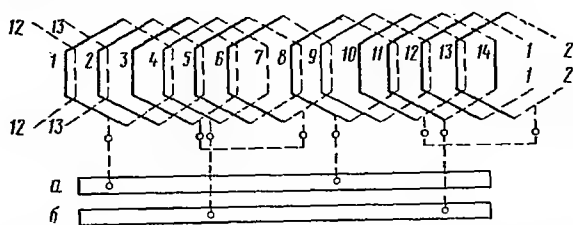


Рис. 50. Схема соединения обмотки якоря подвозбудителя ГС-500:

1-14 — пазы сердечника и секции обмотки якоря; а — контактное кольцо заднее; б — переднее

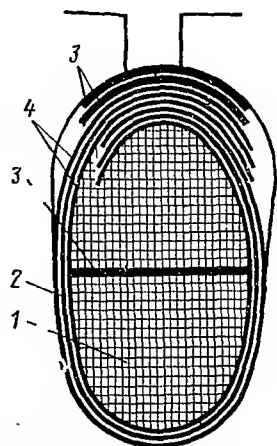


Рис 51. Расположение обмотки в пазу якоря:

1 — проводники; 2 — лакоткань; ЛХС-0,2; 3 — картон электроизоляционный ЭВ 0,5; 4 — картон электроизоляционный ЭВ 0,2

Вал 1 опирается на два шарикоподшипника № 60204 (ГОСТ 7242—70). Подшипник со стороны привода имеет некоторый осевой разбег, а второй закреплен и воспринимает осевые нагрузки.

К обоим подшипниковым щитам прикреплены гетинаксовые кронштейны, на которых размещены щеткодержатели радиального типа. В каждом щеткодержателе установлено по одной щетке. Корпуса щеткодержателей выполнены из латуни.

Зазор между коллектором и щеткодержателем не должен превышать 1,5 мм.

В щитах сделаны прорезы для крепящих болтов. Эти прорезы позволяют поворачивать болты в некоторых пределах для правильной установки щеток.

Вентилятор 11 расположен в правой части агрегата и прикреплен винтами к контактным кольцам 12 синхронного подвозбудителя. Охлаждающий воздух всасывается через отверстия подшипникового щита со стороны тахогенератора и выбрасывается через выпускные отверстия, расположенные в щите подвозбудителя.

Сердечники якорей обеих машин набраны из листов электротехнической стали марки Э-31, толщиной 0,5 мм, насаженных на вал и удерживаемых обмоткодержателями.

Сердечники имеют по 14 скошенных, полузакрытых пазов (вентиляционных отверстий нет). Обмотки якорей петлевые всыпные, имеющие две параллельные группы с классом изоляции А. Схема соединений обмотки якоря подвозбудителя приведена на рис. 50.

Обмотка якоря подвозбудителя имеет шаг по пазам 1—4, а тахогенератора 1—8. Расположение обмотки в пазу показано на рис. 51.

В каждом пазу размещены 32 эффективных проводника. Пазы 3, 7, 10 и 14 подвозбудителя заполнены наполовину изоляционным картоном ЭВО-5. Лобовые части обмотки якоря удерживаются бандажами из стальной проволоки диаметром 0,5 мм, наматываемой с натяжением 12—14 кг.

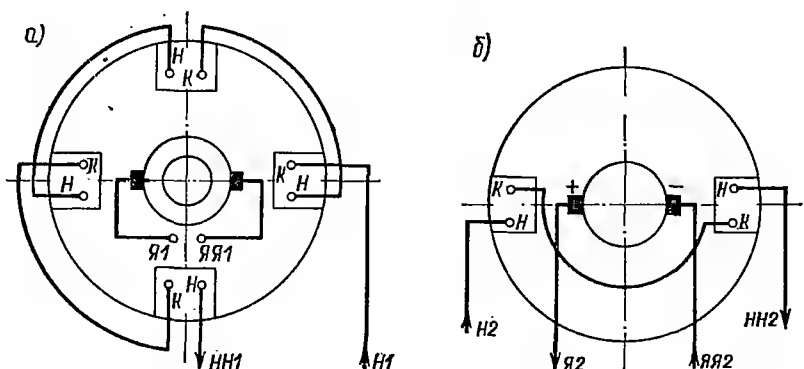


Рис. 52. Схема внутренних соединений агрегата А-705А:

а — синхронного подвозбудителя ГС-500 (сторона, противоположная контактным кольцам); б — тахогенератора ТГ 83/35 (сторона, противоположная коллектору); Н1—НН1 и Н2—НН2 — выводы обмотки возбуждения; Я1—ЯЯ1 и Я2—ЯЯ2 — выводы обмотки якоря

Пайка бандажей и обмотки осуществляется припоем ПОС-40. Бандажи изолированы от обмотки двумя слоями картона ЭВО-5.

Два контактных кольца подвозбудителя диаметром 76 мм имеют пластмассовый корпус, насаживаемый на вал на клей БФ.

Коллектор тахогенератора диаметром 76 мм, собран из 56 пластин. Корпус коллектора выполнен из пластмассы.

Схемы внутренних соединений обеих машин приведены на рис. 52.

Синхронный подвозбудитель типа ВС-651 предназначен для питания магнитного усилителя и блока задания возбуждения возбудителя главного генератора, а типа ВС-652 (рис. 53) — для питания рабочих цепей магнитных усилителей и трансформаторов в системе возбуждения возбудителя главного генератора. Конструкция подвозбудителей обоих типов аналогична.

Подвозбудитель является однофазной машиной переменного тока с вращающейся обмоткой возбуждения защищенного исполнения с одним свободным концом вала. Мощность его 1,1 ква, напряжение 110 в, ток 10 а, скорость вращения 4000 об/мин.

В якоре для съема напряжения имеются два контактных кольца 13. На каждом кольце установлено по два щеткодержателя 15, соединенных токособирающими шинами.

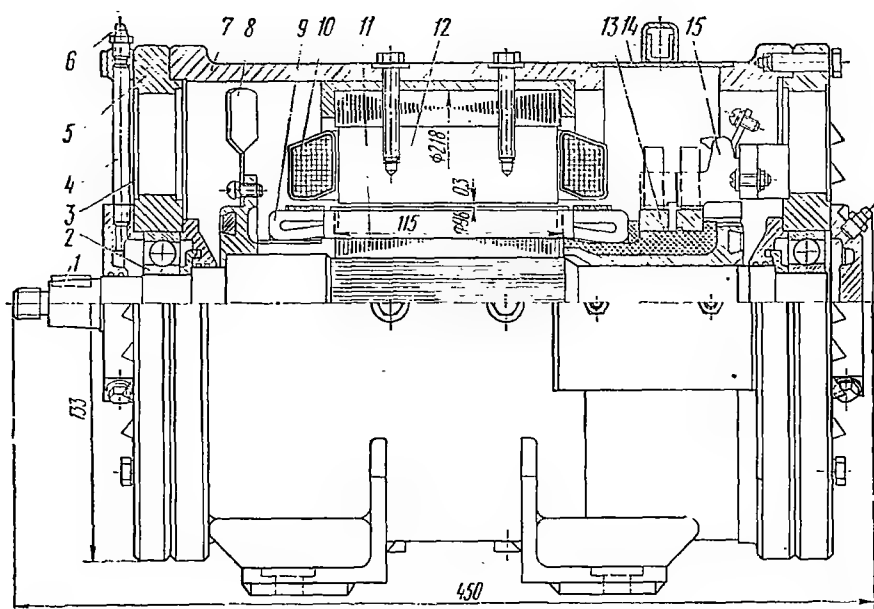


Рис. 53. Подвозбудитель ВС-652:

1 — вал; 2 — подшипник; 3 — крышка; 4 — трубка для смазки; 5 — щит подшипниковый; 6 — масленка; 7 — станина; 8 — вентилятор; 9 — обмотки якоря; 10 — катушка полюса; 11 — сердечник якоря; 12 — сердечник полюса; 13 — контактные кольца; 14 — крышка; 15 — щеткодержатель

Якорь вращается на двух шарикоподшипниках 2, встроенных в подшипниковые щиты 5. Смазку в подшипники добавляют через масленки 6, выведенные с помощью трубок 4 на наружную поверхность щитов.

Подвозбудитель типа ВС-651 имеет 6 полюсов, а ВС-652 — 4 полюса. Каждый полюс имеет обмотку возбуждения. Катушки возбуждения соединены последовательно. Окна со стороны контактных колец служат для осмотра щеткодержателей и контактных колец.

§ 5. ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

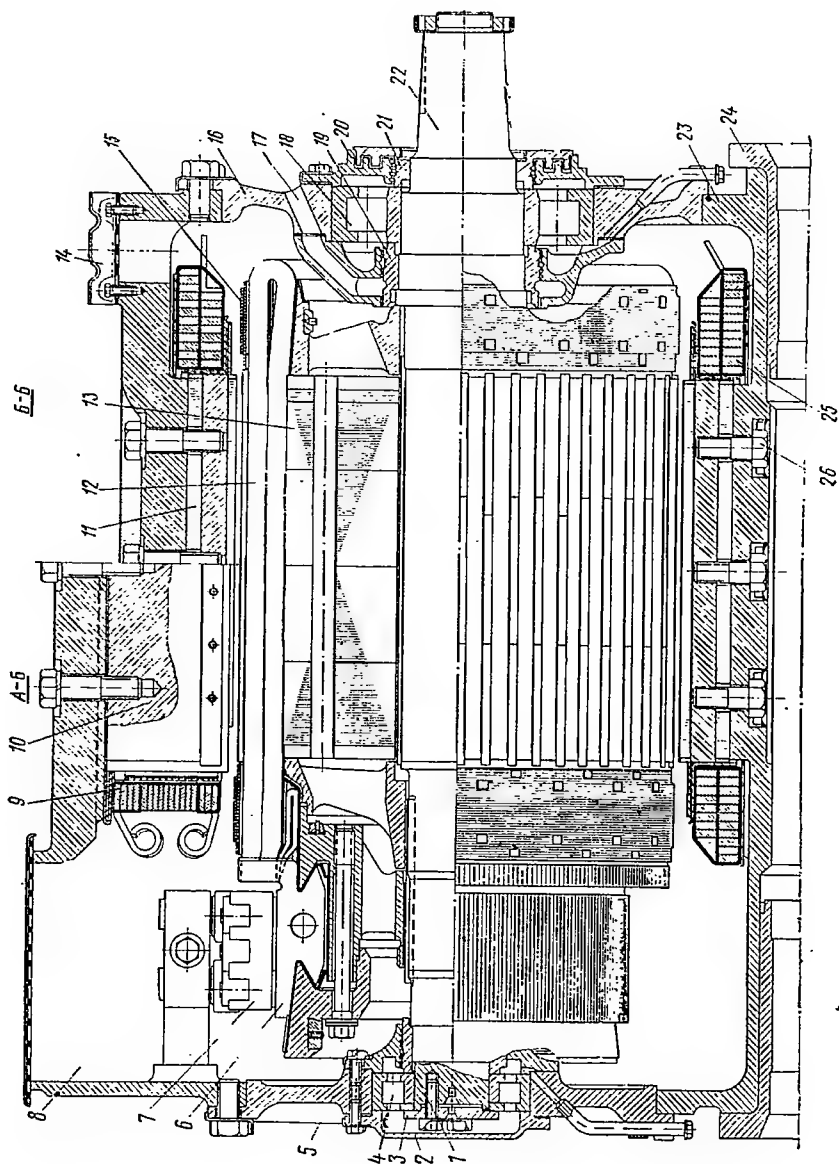
По конструкции локомотивные тяговые электродвигатели значительно отличаются от обычных стационарных. Это объясняется тем, что в эксплуатации они работают на переменном режиме и подвержены ударам и тряске, неизбежными при движении тепловоза. Габариты тягового электродвигателя, расположенного под рамой локомотива, весьма ограничены. Длина его определяется расстоянием между внутренними гранями бандажей колес, высота — диаметром движущихся колес и допустимым расстоянием от нижней точки электродвигателя до головки рельса.

Основные технические данные тепловозных электродвигателей приведены в табл. 7.

Таблица 7

Тип электро- двигателя	Применен на тепловозе	Номи- наль- ная мощ- ность, квт	Ток дли- тель- ный, а	Напря- жение дли- тель- ное, в	Скорость вращения, об/мин		Вращающий момент, кг м		Переда- точное отно- шение	Тип подвеска	Воз- душ- ный зazor под среди- ной глав- ного полу- оса, мм	Воз- душ- ный зazor под лоба- выми ного полу- оса, мм	Число коллек- торных пла- стин	Вес, кг
					дли- тель- ная	макси- маль- ная	дли- тель- ный	макси- маль- ный						
ДК-304Б	ТЭ1, ТЭ2	152	725	235	425	2200	349	—	4,69	Опорно-осевая	2,75	4	150	2 550
ЭДТ-200Б	ТЭ3, ТЭ7, ТЭМ1	206	820	275	500	2200	402	825	4,41	То же	4,50	6,5	150	3 300
ЭД-104	ТЭЗЛ, ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП10, ТЭМ2	307	710	470	605	2480	495	740	4,93	»	4,50	8	232	2 850
ЭД-105	ТЭП60	307	710	476	605	2480	495	740	2,32	Опорно-рамная	4,50	8	232	3 200
ЭД-118	ТЭ109	305	720	463	590	2290	350	1090	4,53	Опорно-осевая	7	10	216	3 100
ЭД-107	ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП10, М62, ТЭМ2, ТЭ40	305	720	463	580	2290	515	930	4,53	То же	7	10	216	3 100
ЭД-108	ТЭП60	306	700	476	600	2290	500	930	2,32	Опорно-рамная	7	10	216	3 550
ЭДТ-340В	ТЭМ2	113	590	476	264	2290	470	—	4,53	Опорно-осевая	7	10	232	2 800

Примечание. Все тяговые электродвигатели имеют принудительную вентиляцию, простую петлеую обмотку якоря, класс изоляции Б.



Тяговые электродвигатели тепловозов выполняются, как правило, с опорно-осевой (трамвайной) подвеской, и только скоростной пассажирский тепловоз ТЭП60 имеет опорно-рамную подвеску.

На ряде тепловозов, и в частности на тепловозе 2ТЭ10Л, установлен электродвигатель ЭД-107 (рис. 54).

Остов предназначен для крепления на нем главных и дополнительных полюсов, подшипниковых щитов, узла подвешивания моторно-осевых подшипников и других деталей. Кроме того, остов является магнитопроводом электродвигателя. Поэтому он, как и в других электрических машинах тепловоза, отлит из углеродистой стали, обладающей высокой механической прочностью и магнитопроводимостью.

В остоу не должно быть раковин, трещин и других дефектов. Обработанные поверхности зачищены от заусенцев, а необработанные покрыты эмалью.

Для лучшего использования внутреннего пространства и более удобного размещения главных и дополнительных полюсов остов сделан восьмигранным. Главные полюсы расположены по горизонтальной и вертикальной осям, дополнительные — по осям, наклоненным под углом 45° к горизонтали. Такое расположение полюсов позволяет получить наименьшие габаритные размеры тягового электродвигателя при 4-полюсном исполнении.

Подвеска электродвигателя к раме тележки осуществляется при помощи опорных приливов (носок) 27, между которыми помещена траверса подвески. Малые приливы 28 служат для предохранения двигателя от падения на путь при поломке опорных приливов или траверсных пружин.

С другой стороны на остоу расположены лапы для сочленения с корпусом моторно-осевого подшипника. Один вкладыш подшипника 24 установлен в остоу, а другой 30 — в шапке моторно-осевого подшипника. Каждый подшипник прикреплен к остоу четырьмя болтами. На остоу имеются также приливы 32 с отверстиями для болтов, которые служат для закрепления кожуха зубчатой передачи.

В верхней части остоу со стороны коллектора имеется вентиляционное отверстие, соединенное брезентовой гармоникой с вентиляционным каналом охлаждения электродвигателей. Охлаждающий воздух выпускается с противоположной стороны через отверстия 14 в остоу. Остов имеет три выпускных отверстия, сверху они защищены сетками и щитками.

Для осмотра коллектора и щеток в остоу сделаны три коллекторных люка (верхний, нижний и боковой), закрываемых крышками с войлочными и паронитовыми уплотнениями, предотвращающими попадание пыли и влаги внутрь электродвигателя. Крышка верхнего коллекторного люка (быстросъемная) запирается замком, а крышки нижнего и бокового люков — болтами. Расположение люков дает возможность осмотреть все щеткодержатели, а также коллектор по всей окружности. В торцевой части остоу со стороны коллектора установлены и приварены четыре кронштейна, которые представляют собой стальные, квадратные бруски, снабженные выемками и накладками для крепления пальцев щеткодержателей.

Так как двигатели являются реверсивными машинами, то предъявляются жесткие требования к установке щеток по нейтрالي.

Через круглые горловины в торцах остова выполняется сборка электродвигателя. Эти горловины после сборки закрывают подшипниковыми щитами. Проушины остова служат для монтажа и снятия электродвигателя с тележки, а также для перемещения его с одного места на другое.

К силовой цепи тяговый электродвигатель подсоединяется четырьмя гибкими кабелями, которые выводятся из остова через отверстия в верхней его части. В отверстие вставлены резиновые втулки, препятствующие попаданию влаги внутрь электродвигателя и предохраняющие кабели от перетирания. Кабельные выводы крепятся к остову зажимами 29 из древеснослоистого пластика, называемыми клицами.

Якорь опирается на два роликовых подшипника 4 и 18, установленных в подшипниковых щитах 5 и 16. Последние испытывают большие нагрузки и поэтому изготавливаются из стали, а не из чугуна.

Выточки в щитах под роликовые подшипники и посадочные поверхности щитов должны быть строго концентричны. Биение этих поверхностей допускается не более 0,1 мм. К внутренней части подшипникового щита прикреплено кольцо с лабиринтовыми канавками. В подшипниковом щите, расположенном со стороны коллектора, установлен опорно-упорный подшипник 4, наружное кольцо которого имеет буртики с двух сторон, а внутреннее — только с одной стороны. Внутреннее кольцо насаживается на вал якоря в нагретом состоянии. К торцу вала якоря шайбой и болтами крепится упорное кольцо 3. Подшипник 4 воспринимает усилия, направленные вдоль вала якоря. Продольный разбег якоря составляет 0,08—0,5 мм.

Перед насадкой внутреннего кольца подшипника на вал надевается переднее лабиринтовое кольцо 1 с канавками. Эти канавки и лабиринтовое кольцо подшипникового щита образуют уплотнение, препятствующее проникновению смазки в полость двигателя.

Снаружи полость подшипника закрывается крышкой 2. Крышка прикреплена к щиту болтами, а так как она должна закреплять наружное кольцо подшипника, то между ней и щитом имеется зазор (0,2 — 0,7 мм), который при сборке заполняется белилами.

В подшипниковом щите 16, установленном со стороны шестерни, находится опорный роликовый подшипник, внутреннее кольцо которого насажено на вал якоря в нагретом состоянии вслед за лабиринтовым кольцом 19. Крышка 20 подшипника имеет снаружи лабиринтовые канавки, в которые входят выступы посаженного на вал лабиринтового кольца 21. Оно препятствует попаданию в подшипник смазки из кожуха зубчатой передачи. Для предохранения от проникновения смазки внутрь якоря служит воздушный канал (дренажное отверстие) 17 в щите 16. При помощи этого отверстия в полости, прилегающей к лабиринтам, сохраняется атмосферное давление.

Смазку роликовых подшипников закладывают в кольцевые углубления подшипниковых щитов. В период эксплуатации смазку в подшипники добавляют ручным прессом через отверстия и трубки, расположенные в подшипниковых щитах и закрываемые пробками.

Подшипниковые щиты плотно пригнаны к остоу и прикреплены к нему болтами, под головками которых подложены замочные шайбы, предохраняющие болты от самоотвертывания. Для выпрессовки подшипниковых щитов из остова электродвигателя используются просверленные в них отверстия с резьбой.

Главные полюсы имеют сердечники, набранные из штампованных листов малоуглеродистой стали толщиной 2 мм. Листы сердечников спрессованы и стянуты четырьмя заклепками с потайными головками. Чтобы головки заклепок уместились и равномерно распределилось давление, крайние листы изготовлены более толстыми.

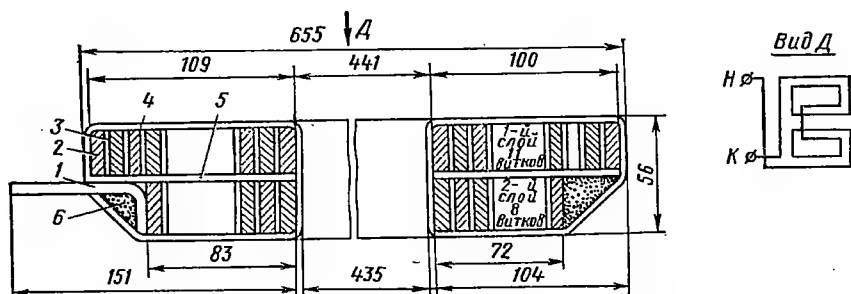


Рис. 55. Катушка главного полюса электродвигателя ЭД-107:

1 — выводы; 2 — медь; 3 — межвитковая изоляция; 4 — изоляция от корпуса, 5 — прокладка; 6 — изоляционная мастика

Выше отмечалось, что электродвигатель в эксплуатации подвержен толчкам и тряске. Следовательно, крепление сердечников к остову должно быть очень прочным. В середине каждого листа сердечника выштамповано отверстие, куда после сборки запрессовывают стальной стержень. Три болта, крепящих сердечник к остову, ввертывают в стержень, при этом давление от стержня равномерно передается на листы сердечника. Головки болтов заливают кварцкомпанудом, препятствующим просачиванию влаги внутрь остова.

Катушка главного полюса (рис. 55) намотана из голой шинной меди на широкое ребро (плашмя) в два слоя. Данные обмоток электродвигателя приведены в табл. 8

Витки катушки главных полюсов изолированы друг от друга асбестовой бумагой. Катушка состоит из двух полукатушек с числом вит-

Таблица 8

Обмотки	Число витков	Сопротивление при 15° С, ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм
Главных полюсов	19	0,0105	Голая медь МГМ	8×25
Дополнительных полюсов .	17	0,00812	То же	0,5×28
Якоря	216/4	0,013	ПДА	1,68×6,4

ков 11 и 8, соединенных между собой последовательно. Различное число витков полукатушек дает лучшее заполнение междукатушечного пространства.

Снаружи катушка (изоляция от корпуса) имеет три слоя кремний-органической стекломикаленты и один слой покровной стекломоленты, пропитанных в кремнийорганическом лаке ЭФ-5. Каждый слой изоляции промазан кремнийорганическим компаундом К-47; катушку с изоляцией запекают и опрессовывают. После этого ее покрывают кремний-органической эмалью ПВЭ-6. Изоляция катушек главных полюсов относится к классу Н.

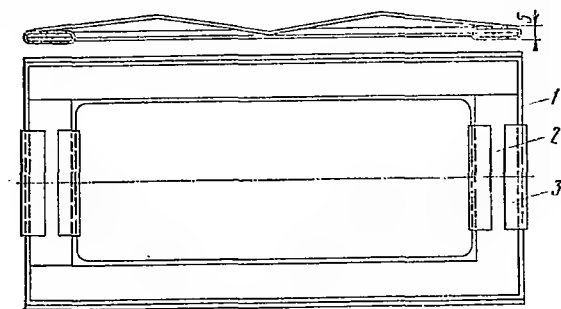


Рис. 56. Пружинная рамка:

1 — рамка; 2 — пружина пластинчатая; 3 — пластина

Две катушки главных полюсов имеют открытые, две — перекрещенные выводы. Катушки соединены последовательно гибкими кабелями. Контактные поверхности выводов лудят припоем ПОС-30. Между катушкой и остовом установлена стальная прокладка толщиной 1 мм для предохранения изоляции катушки от грубо обработанной поверхности остова.

Чтобы предупредить перемещение катушки по сердечнику при ударах и сотрясениях, при уменьшении высоты ее вследствие усыхания между катушкой и башмаком полюса проложена двухслойная пружинная рамка (рис. 56), создающая после затяжки болтов давление на катушку. Во избежание повреждения изоляции катушка отделена от башмака предохранительной рамкой из тонколистовой стали.

Дополнительные полюсы предназначены для улучшения коммутации тягового электродвигателя. Они, так же как и главные полюсы, состоят из сердечников и катушек (рис. 57).

Сердечники дополнительных полюсов изготовляют сплошными из толстолистовой стали или из литой, так как их размеры и магнитный поток, проходящий через них, не велики, и, следовательно, потери, вызываемые вихревыми токами, незначительны.

Башмак 9 сердечника 5 уже, чем основное его тело, и для удержания катушки с двух сторон башмака приклепаны немагнитные угольники из латуни или дюралюминия. Для надежности крепления угольники 10 посажены на зуб. Из условий взаимозаменяемости и плотности крепления сердечники дополнительных полюсов обработаны с боль-

шой точностью, а болты, крепящие их к остоу, изготовлены из термообработанной легированной стали.

Чтобы предупредить перемещение катушки вдоль сердечника (при усыхании изоляции), между ней и остоном установлена пружинная рамка 4. Между сердечником и остоном поставлены дюралюминиевые немагнитные прокладки 6, увеличивающие воздушный зазор в магнитной цепи, для уменьшения рассеивания магнитного потока и влияния на коммутацию вихревых токов.

Катушка дополнительного полюса выполнена из голй меди, намотанной на ребро.

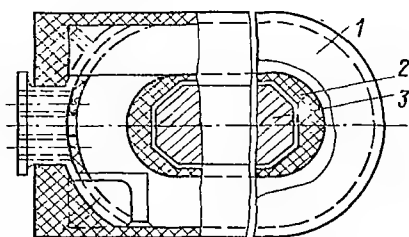
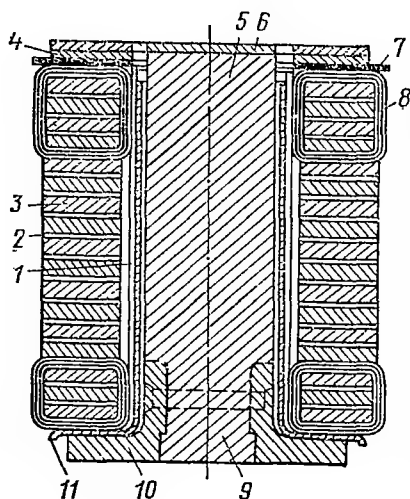


Рис. 58. Полюс с литой изоляцией:
1 — катушка; 2 — эпоксидная смола (изоляция); 3 — сердечник

Рис. 57. Дополнительный полюс:
1 — обкладка; 2 — межвитковая изоляция; 3 — медь; 4 — пружинная рамка; 5 — сердечник; 6 — немагнитная прокладка; 7 — стеклотекстолитовая рама; 8 — корпусная изоляция; 9 — башмак сердечника; 10 — угольник; 11 — каркас

Витки катушки изолированы асбестовой бумагой 2. Полностью изолируют от корпуса только три-четыре витка с каждой стороны тремя слоями микаленты (в полнахлеста) и покровной стеклотентой. Для повышения теплоотдачи наружную поверхность средних витков не изолируют, а от корпуса они изолированы миканитовой обкладкой 1. Катушка надета на стальной каркас 11; для изоляции от корпуса ее вместе с каркасом пропитывают 2 раза в глифталевом лаке, запекают после каждой пропитки и затем покрывают эмалью.

Изоляция дополнительных полюсов относится к классу В. Выводы катушки изготовлены из полосовой обмоточной меди и припаяны.

Конструкция дополнительных полюсов с катушкой, залитой эпоксидным компаундом (литая изоляция), дана на рис. 58. В этом случае катушку изготовляют с асбестовой межвитковой изоляцией, пропитывают и запекают. Катушку с зазором надевают на сердечник и заливают эпоксидным компаундом, затем ее запекают и термообработывают. Одновременно компаундом заливают выводы катушки. Такая конструкция дополнительного полюса, обеспечивающая высокую надежность в работе, применяется на электродвигателях ЭД-118. Этим они и отличаются от двигателей ЭД-107А.

Катушки дополнительных полюсов соединены последовательно. Схема соединений обмоток якоря и полюсов электродвигателя представлена на рис. 59.

Якорь тягового электродвигателя состоит из вала, сердечника, нажимных шайб, коллектора и обмотки (см. рис. 54).

Вал якоря изготовлен из высококачественной легированной стали, так как он работает в очень тяжелых условиях. Соприжения участков вала разных диаметров выполнены с плавными переходами. Посадочные поверхности вала шлифованные. Один его конец обработан на конус 1 : 10 для насадки ведущей шестерни. Шестерня насажена в горячем состоянии без шпонки. Шпонка используется при испытании электродвигателя.

В тепловозных двигателях сердечник якоря напрессовывают непосредственно на вал, а не на промежуточную втулку, так как диаметр якоря имеет малую величину. Такая сборка сердечника значительно усложняет замену вала.

Сердечник якоря набран из штампованных листов электротехнической низколегированной стали марки Э13П (толщиной 0,5 мм), покрытых тонким слоем лака с обеих сторон. Листы набираются по весу (348 кг). Толщина крайних листов 1 мм. В каждом листе выштамповано 54 паза и два ряда вентиляционных отверстий.

Нажимные шайбы, одновременно являющиеся обмоткодержателями, отлиты из стали. Со стороны шестерни на валу установлена задняя шайба (открытого типа), со стороны коллектора — передняя. Открытая шайба улучшает охлаждение задних лобовых частей обмотки, но требует соблюдения осторожности при ремонте (чтобы не повредить головок лобовых частей).

Собранный сердечник без обмотки пропитывают изоляционным лаком и запекают для повышения коррозионной устойчивости. Нажимные шайбы перед укладкой обмотки якоря покрывают стеклотканью, пропитанной в эпоксидном лаке, опрессовывают и запекают. Это создает монолитный слой изоляции, обладающий влагостойкостью и высокой электрической и механической прочностью.

Коллектор тягового электродвигателя состоит из втулки, нажимного конуса, пластин, двух изоляционных манжет, изоляционного цилиндра и стяжных болтов (см. рис. 54). Диаметр коллектора 400 мм. Пластины коллектора (их всего 216 шт.) изготовлены из твердотянутой профильной меди, легированной кадмием или серебром. Пластины штампуют за одно целое с петушком. В нижней части они имеют форму ласточкина хвоста, позволяющего прочно скрепить коллектор. Втул-

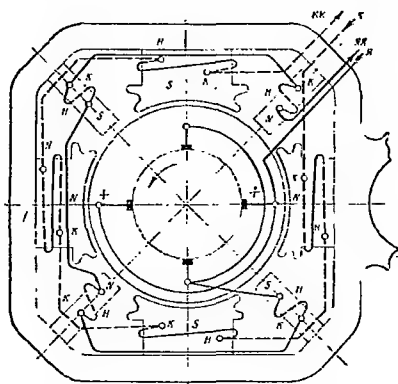


Рис. 59. Схема соединения обмоток полюсов и якоря электродвигателя ЭД-107 (вид со стороны коллектора): Я, ЯЯ — выводы обмотки якоря и дополнительных полюсов; К, КК — выводы обмотки возбуждения главных полюсов

ка и нажимной конус коллектора, конусные выступы которых входят в выточки пластин, сжаты под прессом и стянуты 12 болтами. Надежность крепления коллектора проверяют испытанием на разнос при скорости вращения 2800 об/мин. Так как коллектор тепловозных электродвигателей работает в напряженных условиях в механическом и тепловом отношении, все детали коллектора изготавливают из высокопрочных материалов.

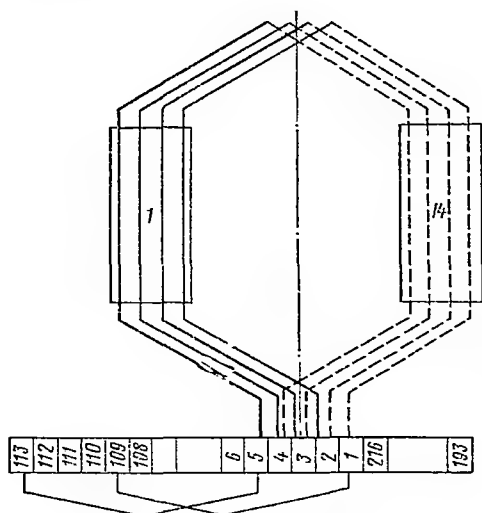
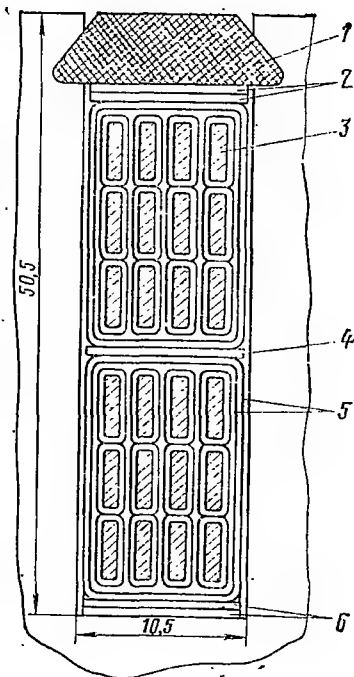


Рис. 60. Схема обмотки якоря:

1—216 — коллекторные пластины; 1, 14 — пазы сердечника якоря

Рис. 61. Разрез паза:

1 — клип; 2 — прокладка под клип; 3 — медь; 4 — прокладка между катушками; 5 — изоляция от корпуса; 6 — прокладка на дне паза



Нельзя не отметить, что коллектор является наиболее сложным узлом в конструктивном, технологическом и эксплуатационном отношении. Состояние коллектора определяет срок службы электродвигателя.

Пластины изолированы друг от друга коллекторным миканитом толщиной 1,2 мм, а от корпуса — миканитовым цилиндром и манжетами толщиной 2 мм. Выступающий конец миканитовой манжеты защищен от внешних воздействий бандажом из стеклянной ленты, покрытым сверху эмалью. В эксплуатации необходимо следить за чистотой бандажа, так как его загрязнение может вызвать переброс тока с коллектора на корпус, что приводит к выгоранию миканитовой манжеты.

В прорези петушков впаивают концы секций обмотки якоря. Каждая четвертая пластина имеет более глубокую прорезь, в которую дополнительно впаивают концы уравнительных соединений.

Собранный коллектор напрессовывают на вал давлением от 10 до 28 Т. Биеение коллектора должно быть не более 0,05 мм.

Обмотка якоря. В якорях электродвигателей применена петлевая обмотка с уравнительными соединениями первого рода. Она состоит из 54 катушек и имеет изоляцию класса В.

Обмотка якоря имеет шаг по пазам 1—14, шаг по коллектору 1—2 (рис. 60). Катушка обмотки якоря состоит из четырех элементарных одновитковых секций. Каждая секция в свою очередь состоит из трех параллельных проводников, расположенных по высоте паза, а четыре витка, входящих в катушки, располагаются по ширине паза, т. е. осуществлена горизонтальная укладка.

Виток разделен по высоте на три параллельных провода для уменьшения потерь от вихревых токов, наводимых потоком рассеяния.

Каждый проводник 3 катушки (рис. 61) имеет дельто-асбестовую изоляцию (ПДА). Между витками дополнительно расположены прокладки из микаленты, а на углах секций проложены шаблоны из слюды.

В пазовой части катушка изолирована тремя слоями микаленты в полнахлеста и одним слоем покровной стеклоленты встык. Задние лобовые части катушки изолированы одним слоем микаленты и одним слоем стеклоленты, а в головках дополнительно размещены V-образные прокладки из стеклолакоткани для предотвращения витковых замыканий.

Передние лобовые части (со стороны коллектора) дополнительно имеют между витками вертикальные прокладки из электрокартона, чтобы избежать витковых замыканий при осадке и бандажировке обмотки. В местах выхода обмотки из паза установлены коробочки из стекломиканита. В пазах между катушками уложен миканит, а под клин — электрокартон. Обмотка якоря удерживается в пазах текстолитовыми клиньями, в лобовых частях — проволочными бандажами.

Бандажировка выполнена в два слоя с натяжением в нижнем слое 260—270 кг, в верхнем—220—230 кг. Бандажи пропаивают по всей поверхности припоем ПОС-40.

Перед намоткой под бандажи укладывают гибкий миканит, электрокартон и асбестовую бумагу. Под бандаж дополнительно кладут чехол из стеклополотна, чтобы предохранить изоляцию от выветривания. Для предотвращения ослабления бандажей делают опрессовку обмоткодержателей стеклопластиком, который в эксплуатации не имеет усадки.

В последнее время вместо проволочного бандажа применяют стеклобандаж, который наматывается с натяжением 130 кг. Стеклобандаж изготовляют из специальной стеклоленты ЛСБ-Ф размером 0,2 × 20 мм (стеклянные волокна расположены только в продольном направлении и склеены эпоксидным связующим). Бандажи в процессе сушки запекают и они становятся монолитными. Преимущество стеклобандажа в том, что он не разрушается при круговом огне на коллекторе.

Под передними лобовыми частями обмотки якоря находятся уравнительные соединения, выполненные из меди сечением 1,68 × 6,4 мм. Шаг уравнительных соединений по коллектору 1 — 109, 5—113, т. е. уравнительное соединение делается одно на паз.

После намотки бандажей якорь испытывают, сушат, пропитывают лаком, шлифуют коллектор и балансируют якорь на станке. Для креп-

ления балансировочных грузов в конусе и втулке коллектора и на заднем обмоткодержателе предусмотрены специальные канавки. Готовый якорь испытывают на электрическую прочность напряжением переменного тока 2950 в в течение 1 мин.

Щеткодержатели. Электродвигатель имеет четыре щеткодержателя, в каждом из которых расположены три пары разрезных щеток размером 2 (12,5 × 40 × 60 мм) марки ЭГ-2А (рис. 62).

Раньше устанавливались цельные щетки, но они в эксплуатации работали неудовлетворительно. Это объясняется тем, что при неровностях коллектора (даже незначительных) цельные щетки отрывались от поверхности его и в этом месте возникала дуга. Образовывался местный подгар коллектора. При разрезных щетках подсакивает одна из половинок щетки, поэтому коллектор почти не подгорает. Кроме того, разрезные щетки создают хорошую политуру коллектора и тем самым улучшают условия коммутации. Резиновые амортизаторы поглощают небольшие толчки и удары, не допуская отрыва щеток от коллектора.

На электродвигателе должны быть установлены щетки одной и той же марки. Это особенно важно при петлевой обмотке, так как различие в сортах щеток может вызвать протекание больших токов по неравным соединениям, что приводит к выплавлению пайки последних в петушках коллектора и разрушению изоляции.

Щеткодержатели электродвигателя установлены против главных полюсов, т. е. по горизонтальной и вертикальной осям.

Щеткодержатель имеет литой латунный корпус 1 (рис. 63). Корпус укреплен в кронштейне, сваренном в торцовую стенку остова. В корпусе запрессованы два стальных пальца 3, служащих для крепления щеткодержателя в кронштейне. Пальцы изолированы от корпуса твердым изоляционным слоем из эпоксидного компаунда, на который надеты фарфоровые изоляторы.

В корпусе щеткодержателя имеются два гнезда для щеток. В одно гнездо вставлена одна пара щеток, в другое — две пары.

Щетки в гнездах должны перемещаться свободно, но не качаться. Нажатие щеток на коллектор осуществляется спиральными пружинами 2. Величина нажатия, которая должна быть равна 4, 2—4, 8 кг, регулируется поворотом втулки, находящейся в центре пружины.

Щетки также снабжены гибкими шунтами 5, прикрепленными болтами к корпусу щеткодержателя. При отсутствии шунтов или нарушении контакта ток пойдет через пружину, вследствие чего последняя нагреется и потеряет упругие свойства. Поэтому в эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы контакт у гибких шунтов не нарушался.

Вентиляция электродвигателей типа ЭД-107 параллельная, принудительная (независимая). Охлаждающий воздух нагнетается двумя вентиляторами — по одному на каждую тележку (вентиляторы центробежного типа ЦАГИ Д15-45).

Воздух от вентилятора поступает в полость электродвигателя через вентиляционное отверстие (см. рис. 54), расположенное в верхней части остова над коллектором, и дальше движется двумя параллель-

ными потоками подобно тому, как это описано для главного генератора. Нагретый воздух выбрасывается через отверстия в остовах, защищенные сетками и щитками. Щиток у нижнего отверстия направляет поток нагретого воздуха параллельно рельсовому пути.

Вентилятор охлаждения тяговых двигателей передней тележки приводится во вращение от вала главного генератора через передний распределительный редуктор и гидромufту, а вентилятор задней тележки — от вала дизеля через пластинчатую мufту, задний распределительный редуктор и гидромufту, смонтированную в корпусе заднего редуктора.

Вентиляторы центробежного типа ЦАГИ Д15-45 имеют 2050 об/мин при скорости вращения вала дизеля 850 об/мин. При этом мощность, потребляемая вентилятором, равна 30 л. с., а производительность — 250 м³/мин. Воздух засасывается в центральное отверстие и нагнетается лопастями колеса вентилятора в улитку корпуса и далее в каналы, подводящие воздух к электродвигателям.

Всасывающие каналы вентиляторов, расположенные в стенке кузова, снабжены съемными сетчатыми фильтрами и щитками. Последние устанавливаются при песчаных и снежных буранах, когда воздух в вентилятор забирают из кузова тепловоза.

Вентиляционные отверстия электродвигателей соединены с воздушными каналами в раме тепловоза гофрированными брезентовыми рукавами. В эксплуатации нужно следить за плотностью этих соединений, чтобы в электродвигатель поступало достаточное количество воздуха и он не перегревался.

Расчетный расход воздуха, проходящего через электродвигатель, равен 43 м³/мин (при статическом давлении 140 мм вод. ст.).

Для рассматриваемых тяговых электродвигателей с изоляцией класса В (слода, асбест, стекловолокно) максимально допустимая температура нагрева обмоток якоря и полюсов (измеренная методом сопротивления) составляет 145° С. Во время движения по подъему электродвигатели можно нагружать выше величины длительного тока, но с таким расчетом, чтобы температура обмоток не превышала 145° С. На спусках и площадках электродвигатели работают на малых мощностях и нагретые части успевают остыть.

Роликоподшипники электродвигателя ЭД-107 установлены средней серии: задний — типа 32328У, передний — 92317К2.

Смазка в подшипники при запрессовке попадает в полость внутренней крышки и оттуда в подшипник. Это позволяет промывать подшипник керосином без разборки. Керосин, поступив через смазочную

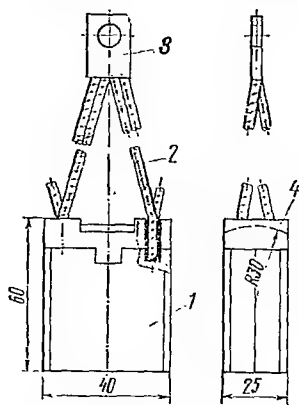


Рис. 62. Разрезная щетка с резиновым амортизатором:

1 — щетка; 2 — гибкий провод (шунт); 3 — накопечник; 4 — резиновый амортизатор

трубку в полость внутренней крышки, проходит через подшипник (вал якоря надо проворачивать), полость наружной крышки и стекает через спускную трубку.

На рассматриваемом двигателе внутренняя и наружная крышки подшипников крепятся к щиту отдельно, что дает возможность снять наружную крышку и подшипниковый щит, не нарушая крепления внутренней крышки.

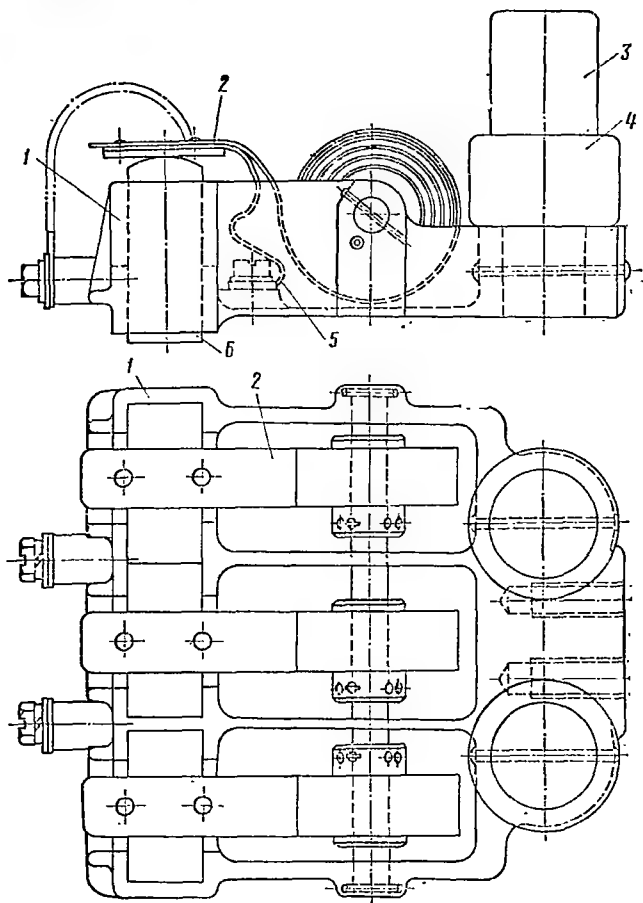


Рис. 63. Щеткодержатель:

1 — корпус щеткодержателя; 2 — пружина спиральная; 3 — палец щеткодержателя; 4 — изолятор; 5 — щуп медный; 6 — щетки

На тепловозных тяговых электродвигателях с опорно-осевой подвеской применяются подшипники скольжения, имеющие бронзовые вкладыши с фитильным смазочным устройством. Эта конструкция имеет повышенный расход смазки и цветного металла. Ведутся работы по устранению недостатков подшипников скольжения и созданию подшипников качения.

Смазка. В моторно-осевых подшипниках применяется масло осевое ГОСТ 610—48 летом марки Л, зимой — З. Следует поддерживать уровень смазки 45—90 мм от дна масляного резервуара. Проверка производится щупом через нижнюю масленку. Смазку меняют соответственно сезону.

В зубчатой передаче применяется смазка осерненная летняя и зимняя. В эксплуатации следует поддерживать хорошее покрытие зубьев колес смазкой.

Смазка добавляется при каждом профилактическом осмотре и при всех видах ремонта.

Характеристики. На рис. 64 представлены электромеханические характеристики электродвигателя, построенные для различных напряжений на зажимах электродвигателя при работе локомотива на 16-й позиции контроллера машиниста.

По горизонтали отложен ток, а по вертикали — в соответствующих масштабах скорость, к. п. д. и сила тяги. Все зависимости построены для трех режимов работы — полного поля электродвигателя ($\alpha = 100\%$) и двух ступеней ($\alpha = 60\%$ и $\alpha = 36\%$) ослабления поля.

Необходимо помнить, что автоматический переход с полного на ослабленное поле происходит при скорости движения 38—40 км/ч, а включение второй ступени ослабления поля — при скорости 55—60 км/ч. Поэтому при скоростях, меньших 38 км/ч, следует пользоваться кривыми полного поля.

Например, если необходимо определить скорость движения, силу тяги и к. п. д. электродвигателя при $I_{\text{дв}} = 900 \text{ а}$, то рассуждают следующим образом. Току 900 а по кривой полного поля соответствует скорость 17 км/ч. При этой скорости тепловоз работает на полном поле электродвигателей.

Следовательно, значения силы тяги $F_{\text{к.дв}}$ и к. п. д. нужно находить по кривым, построенным для $\alpha = 100\%$. Нагрузке 900 а соответствует сила тяги $F_{\text{к.дв}} = 5 \text{ 900 кГ}$ и к. п. д. $\eta = 0,8$.

В настоящее время взамен тягового электродвигателя ЭД-107 выпускают двигатель ЭД-107А, который имеет более надежное исполнение некоторых элементов конструкции.

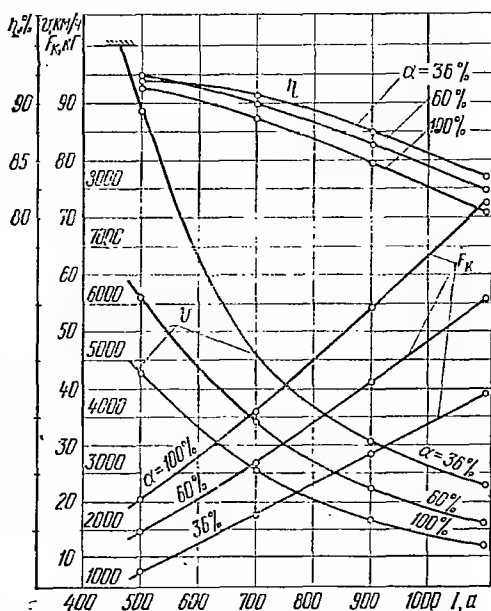


Рис. 64. Электромеханические характеристики тягового электродвигателя типа ЭД-107

Повышена жесткость вала за счет увеличения его диаметра на 10 и 15 мм соответственно в местах посадки роликовых подшипников и в местах напрессовки сердечника якоря, обмоткодержателей и коллектора. У заднего обмоткодержателя усилены ступица и ребра жесткости.

Сердечник якоря в собранном виде пропитывается в электроизоляционном грунте, с тем чтобы избежать коррозии. Изоляция катушек обмотки якоря выполняется из стеклосмолиновой ленты с лавсановой подложкой ЛС-П934-ТП размером 0,1 × 20 мм вместо микаленты ЛФЧ. Такая изоляция повышает электрическую прочность и теплоустойчивость обмотки якоря.

Для предотвращения обрыва секций якорной обмотки места закладки их в петушки коллекторных пластин заполняют изоляционной замазкой. Улучшен технологический процесс намотки бандажной ленты на задние лобовые части обмотки якоря и введено покрытие пропитанного якоря влагостойкой эмалью с последующей запечкой. Эмалевая пленка предохраняет изоляцию от проникновения влаги через поры и микротрещины в поверхностном слое пропиточного лака.

Повышена плотность соединений деталей коллектора с тем, чтобы влага не могла проникнуть во внутреннюю коллекторную полость. Применено более совершенное крепление балансировочных грузов.

Остов электродвигателя также имеет некоторые отличия: увеличено число отверстий для крепления подшипниковых щитов, на торцевой части добавлены две бонки для крепления кожуха зубчатой передачи.

С целью улучшения коммутации увеличена толщина магнитопроводной части остова, откорректирован зазор под добавочными полюсами. Для удобства замены и осмотра щеток на щеткодержателях установлены стойки с заплечиками, позволяющие фиксировать пружины в приподнятом состоянии.

Пальцы щеткодержателей взамен фарфоровых изоляторов опрессованы пластмассой, что дало возможность избавиться от снижения сопротивления изоляции в эксплуатации. Установлены более мощные якорные подшипники: со стороны коллектора № 8Н92417, со стороны шестерни № 8Н32330М. Усилено крепление крышек подшипников, изменена конструкция лабиринтового уплотнительного кольца со стороны шестерни, с тем чтобы смазка из редуктора не попадала в подшипник.

Для лучшей работы моторно-осевых подшипников разработана масляная камера увеличенного объема с polyesterным устройством.

§ 6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Маслопрокачивающий и топливоподкачивающий насосы тепловоза, вентиляторы кабины машиниста и калорифера приводятся в действие от электродвигателей небольшой мощности, выполненных на базе машин общепромышленного назначения.

Основные технические данные этих электродвигателей сведены в табл. 9.

Электродвигатели рассчитаны на работу при напряжении 75 в. Они являются самовентилирующимися машинами постоянного тока защищенного исполнения.

Т а б л и ц а 9

Тип электро- двигателя	Назначение	Применяется на тепловозе	Мощность, кВт	Скорость вращения, об/мин
П-11, П-28,5	Привод маслопрока- чивающего насоса	ТЭЗ, ТЭ10 2ТЭ10Л, ТЭП60	4,2	2 200
П-21	Привод топливопод- качивающего насоса	ТЭЗ, ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л, ТЭМ1 ТЭМ2	0,5	1 350
П-22	Привод маслопрока- чивающего насоса	ТЭМ1, ТЭМ2	0,9	1 450
МВ-75	Привод калорифера вентиляторов каби- ны машиниста	ТЭ1, ТЭ2, ТЭЗ, ТЭМ2, 2ТЭ10Л, ТЭ10, ТЭП60, ТЭМ1	0,03	2 500
П-11	Привод вентилятора кузова	ТЭЗ, 2ТЭ10Л	0,2	1 740
ПН-2,5	Привод топливопод- качивающего насоса	ТЭ1, ТЭ2	0,2	1 725

Электродвигатели серии П отличаются от двигателей серии ПН (выпущавшихся до 1961 г.) по конструкции и материалу отдельных узлов.

Стальные подшипниковые щиты, фланцы и лабиринты двигателя серии П отлиты из алюминиевого сплава; на переднем подшипниковом щите сетки заменены съемными боковыми жалюзи, а в заднем щите сделаны отверстия для выхода воздуха; фланцы со стороны привода у двигателей П-11, П-21 и П-22 имеют отверстия с резьбой для торцового крепления. У электродвигателя серии П установлено балансировочное кольцо, изменена конструкция щеткодержателей, усилена изоляция обмотки якоря за счет применения карболитовых обмоткодержателей, применен обмоточный провод марки ПЭТВ вместо ПБД, установлены помехоподавляющие фильтры, состоящие из конденсаторов, расположенных под клеммной доской. В электродвигателях П-11, П-21 и П-22 применена изоляция класса А, а в П-41 — класса В.

Электродвигатели П-21 (или ПН-5). Электродвигатель П-21 имеет смешанное (компаундное) возбуждение, длительный ток 9,3 а, номинальное напряжение 75 в.

Сопротивление обмоток при 20° С: якоря — 0,48 ом, параллельного возбуждения — 80 ом, последовательного — 0,06 ом, дополнительного полюса — 0,23 ом. Воздушный зазор под главными полюсами 0,8—0,88 мм, под дополнительными 1,2 мм.

Устройство электродвигателя показано на рис. 65, схема соединения его обмоток — на рис. 66.

На круглой станине 26 (см. рис. 65) электродвигателя укреплены сердечники полюсов 13 и 20 и подшипниковые щиты 8 и 16, в которых

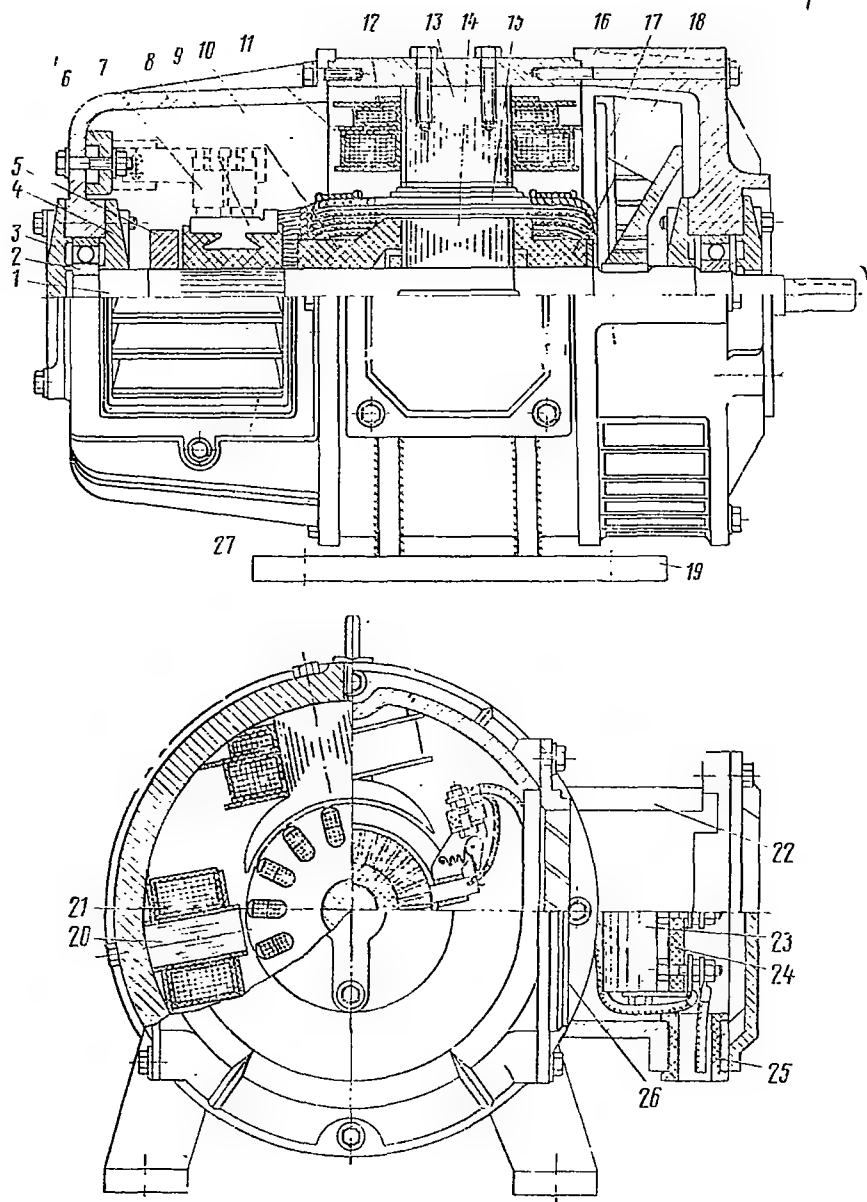


Рис. 65. Электродвигатель типа П-21:

1 — вал якоря; 2 — шарикоподшипник; 3 — шарикоподшипниковый фланец; 4 — лабиринт; 5 — балансировочное кольцо; 6 — траверса щеткодержателя; 7 — щеткодержатель; 8 — передний подшипниковый щит; 9 — коллектор; 10 — передний обмоткодержатель; 11 — параллельная катушка главного полюса; 12 — токовая катушка главного полюса; 13 — сердечник главного полюса; 14 — сердечник якоря; 15 — обмотка якоря; 16 — задний подшипниковый щит; 17 — вентиляционное колесо; 18 — задний обмоткодержатель; 19 — лапы; 20 — сердечник дополнительного полюса; 21 — катушка дополнительного полюса; 22 — клеммная коробка; 23 — конденсатор фильтра; 24 — клеммная доска; 25 — резиновая втулка; 26 — станина; 27 — жалюзи

установлены шарикоподшипники 2. Электродвигатель является двух-полюсной машиной. Сравнительно легкие условия коммутации позволяют применить только один дополнительный полюс. Сердечники полюсов набраны из листов электротехнической стали.

Катушка главного полюса состоит из параллельной обмотки, имеющей 1 800 витков из медного провода марки ПЭТВ диаметром 0,41 мм, и последовательной (токовой) обмотки, имеющей 18 витков из провода ПСД диаметром 1,95 мм. Катушка дополнительного полюса имеет 142 витка из провода марки ПС диаметром 1,68 мм.

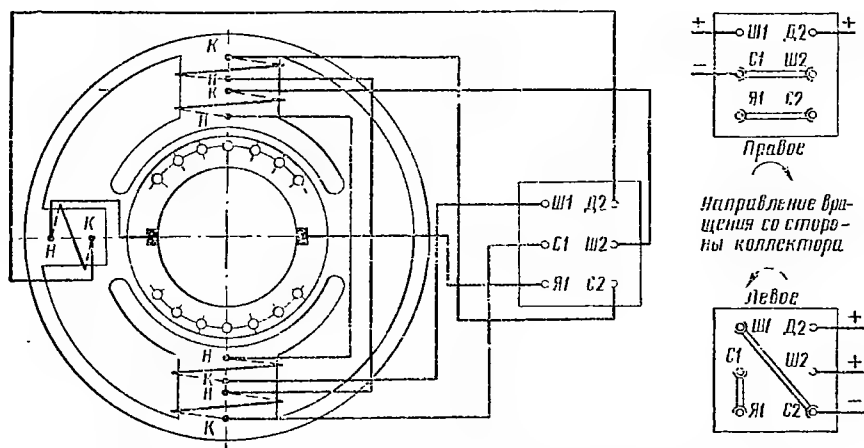


Рис. 66. Схема соединений обмоток двигателей П-21 и П-22:

Я1—Д2 — обмотка якоря и дополнительных полюсов; С1—С2 — обмотка последовательного возбуждения; Ш1—Ш2 — обмотка параллельного возбуждения

Якорь установлен в двух шарикоподшипниках: со стороны коллектора — опорно-упорный подшипник, ограничивающий осевое перемещение вала; со стороны вентиляторного колеса — опорный подшипник.

Сердечник якоря набран из листов электротехнической стали, крайние листы толще остальных. Сердечник якоря укреплен на валу при помощи шпонки и двух упорных колец. Для уменьшения вихревых токов пазы сердечника якоря выполнены косыми.

В 18 пазах сердечника уложена якорная обмотка из медного провода марки ПТТВ диаметром 0,93 мм. В каждом пазу 44 проводника, которые удерживаются деревянными клиньями. Обмотка петлевая, всыпная, имеет две параллельные ветви. Шаг по пазам 1—10, шаг по коллектору 1—2.

Коллектор набран из 72 медных пластин, изолированных друг от друга. Корпус коллектора изготовлен из асбестозольной массы.

На переднем подшипниковом щите укреплены два стержня, к которым прикреплено по два щеткодержателя 7, в каждом из них установлена одна щетка марки ЭГ-4 размером 10 × 12,5 × 32 мм. Нажатие

на щетку (0,25 кГ) осуществляется пружиной, а регулируется пере-
становкой ее хвостовика на различные насечки щеткодержателя. За-
зор между щеткодержателем и коллектором 2 мм.

Насаженное на вал якоря вентиляторное колесо 17 засасывает
охлаждающий воздух через жалюзи 27 со стороны коллектора.
Воздух омывает якорь и полюсы и выбрасывается наружу через
отверстия, расположенные в подшипниковом щите со стороны вен-
тилятора.

На тепловозах ТЭЗ для привода вентилятора кузова применен
электродвигатель П-11, отличающийся от двигателя П-21 мощностью
и системой возбуждения. В этом двигателе вместо компаундного при-
меняется параллельное возбуждение. Последние выпуски этих двига-
телей имеют также последовательную обмотку. Электродвигатель
П-11 рассчитан на длительный ток 4,2 а и напряжение 75 в.

Сопротивление обмоток при 20° С: якоря электродвигателя —
2,28 ом, параллельного возбуждения — 70 ом, дополнительных
полюсов — 0,67 ом.

Электродвигатель МВ-75 имеет последовательное возбуждение.
Конструктивно двигатель (рис. 67) выполнен закрытым, без венти-
лятора.

Сопротивление обмоток при 15° С: якоря—5,65 ом; главных полю-
сов — 9,65 ом. Воздушный зазор под полюсом 0,35 мм.

К станине электродвигателя прикреплены четыре главных полюса;
дополнительных полюсов двигатель не имеет.

Сердечники 10 полюсов набраны из листов электротехнической
стали. Катушка 8 полюсов изготовлена из провода марки ПЭЛШО,
диаметром 0,51 мм. Число витков катушки 188. Намотка катушек
одинакова, поэтому полярность их достигается соединением конца
первой катушки с концом второй, начала второй с началом третьей
и т. д.

Якорь установлен в двух шарикоподшипниках, расположенных
в траверсе 3 и в подшипниковом щите 13. Подшипниковый щит и тра-
верса стянуты двумя винтами.

Сердечник якоря 11 имеет 25 пазов полузакрытого типа, в каждом
из которых уложены 56 медных проводов. Обмотка якоря волновая,
секционная. Шаг обмотки по пазам 1—7.

Двигатель имеет два исполнения коллекторов: старый с числом
пластин 49, новый (выпуск с 1958 г.) с 25 коллекторными пластинами.
Шаг обмотки по коллектору соответственно 1—25 и 1—13. У вспомо-
гательных машин между коллекторными пластинами поставлена изо-
ляция, твердость которой ниже твердости меди, поэтому во время эк-
сплуатации не приходится продороживать коллектор.

Каждый из четырех щеткодержателей 20 представляет собой
П-образную скобу, которая через текстолитовый изолятор 4 крепится
изолированными заклепками к траверсе 3. В щеткодержатель вставлена
одна графитовая щетка 5 марки ЭГ-2 размером 8 × 9 × 17,5 мм. На-
жатие на щетку (0,13 кГ) осуществляется пружиной. Для фиксации
положения траверсы в отверстие, просверленное в ней, и в корпусе
вставлен штифт.

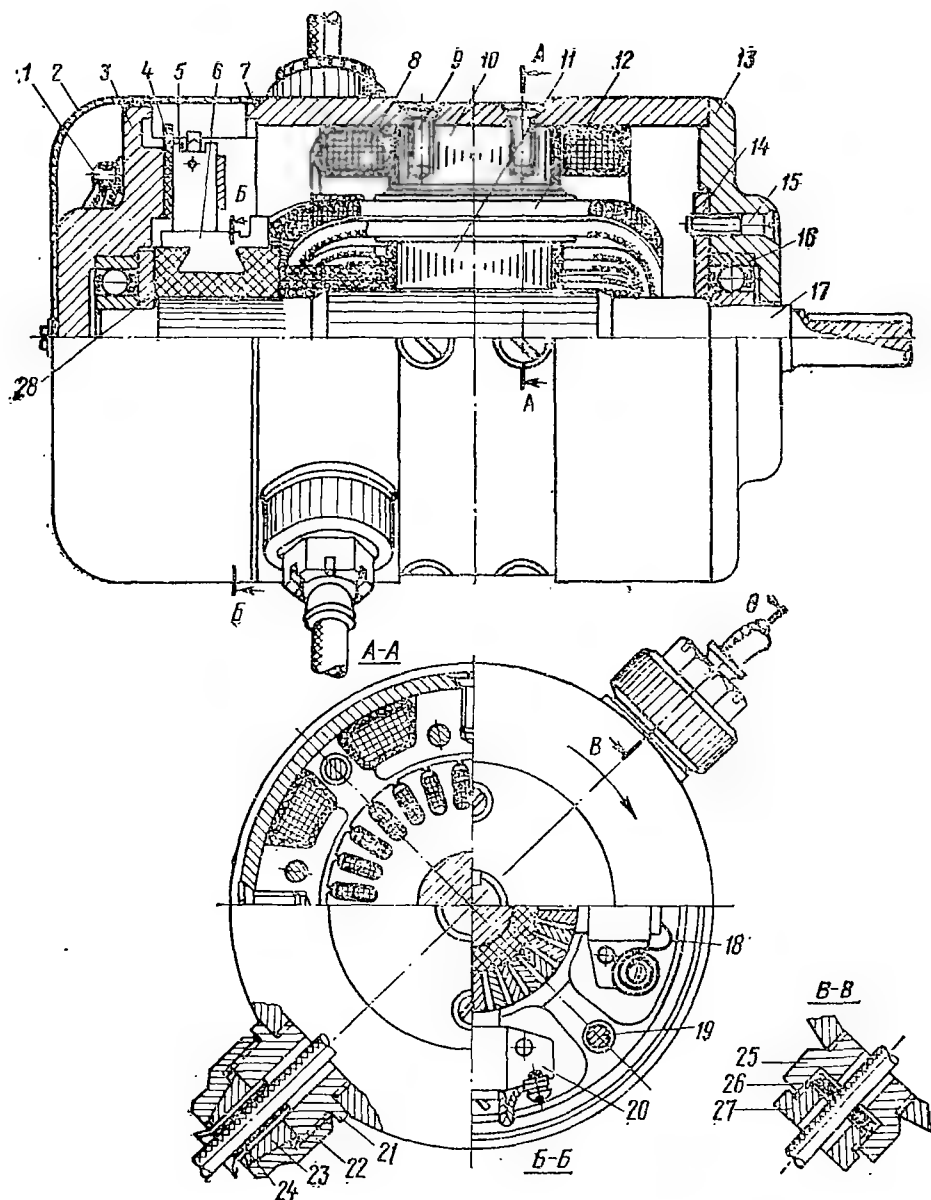


Рис. 67. Электродвигатель МВ-75:

1 — заклепка; 2 — крышка; 3 — траверса; 4 — изолятор; 5 — щетка; 6 — коллектор; 7 — корпус; 8 — катушка полюса; 9 — винт крепления полюса; 10 — сердечник полюса; 11 — сердечник якоря; 12 — обмотка якоря; 13 — подшипниковый штифт; 14 — подшипниковый фланец; 15 — винт; 16 — шарикоподшипник; 17 — вал якоря; 18 — пружина щеткодержателя; 19 — стяжной винт; 20 — щеткодержатель; 21 — втулка вывода; 22 — корончатая гайка; 23 — конус; 24 — разрезная втулка; 25 — штуцер; 26 — резиновое кольцо; 27 — нажимной штуцер; 28 — шайба

Электродвигатель ПН-28,5 имеет смешанное (компаундное) возбуждение.

Сопротивление обмоток при 20°C : якоря $0,0378\text{ ом}$, параллельного возбуждения $45,4\text{ ом}$, последовательного возбуждения $0,00416\text{ ом}$, дополнительных $0,0182\text{ ом}$.

Воздушный зазор под главными полюсами $1-1,17\text{ мм}$, а под дополнительными $2,5\text{ мм}$. Обмотка якоря волновая, выпная. Длительный ток 84 а , номинальное напряжение 64 в .

На переднем подшипниковом щите установлены щеткодержатели. В каждом щеткодержателе по одной щетке марки ЭГ-4. Нажатие на щетку осуществляется пружиной и должно быть равным $0,25\text{ кг}$. Электродвигатель самовентилирующийся.

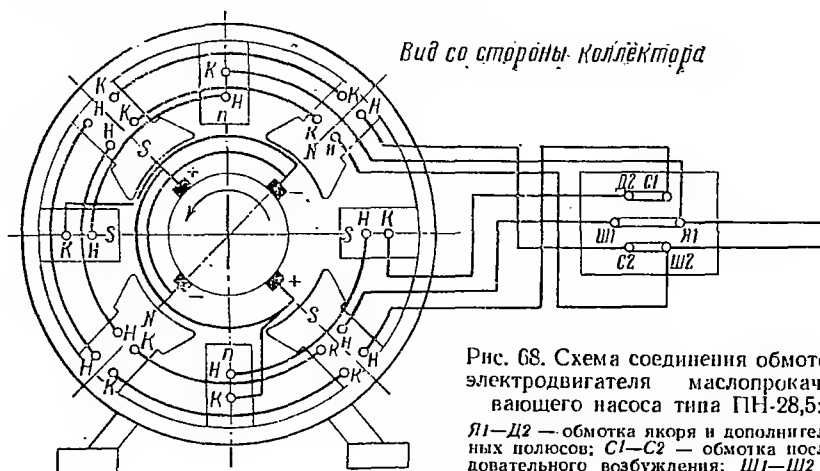


Рис. 68. Схема соединения обмоток электродвигателя маслопрокачивающего насоса типа ПН-28,5:

Я1—Д2 — обмотка якоря и дополнительных полюсов; С1—С2 — обмотка последовательного возбуждения; Ш1—Ш2 — обмотка параллельного возбуждения

Схема соединения обмоток электродвигателя показана на рис. 68. Основные детали повторяют в увеличенном виде конструкцию деталей двигателей ПН-2,5 и ПН-5.

Одноякорный преобразователь типа ПО-300В служит для питания радиостанции. Мощность на стороне переменного тока $0,19\text{ квт}$, ток $1,82\text{ а}$, напряжение 110 в при частоте 50 гц . Напряжение питания 75 в , потребляемый ток 6 а , скорость вращения 3000 об/мин . Преобразователь представляет собой двухполюсную машину без дополнительных полюсов. Главные полюсы имеют две обмотки — параллельную и последовательную, имеющие соответственно 1000 и 9 витков из провода марки ПЭВ-2. Сопротивление параллельной обмотки 46 ом , а последовательной $0,32\text{ ом}$. Воздушный зазор $1,3\text{ мм}$.

В общей магнитной системе установлен якорь, в пазах сердечника которого расположены обмотки двух машин. Верхняя — обмотка двигателя постоянного тока, нижняя — обмотка генератора переменного тока. Для поддержания заданной частоты необходимо, чтобы скорость вращения якоря преобразователя была постоянной. Это достигается центробежным регулятором, установленным на валу якоря.

Для защиты радиостанции от сетевых высокочастотных колебаний электрического тока и уменьшения напряжений, вызывающих искрообразование, в преобразователе установлены помехоподавляющие фильтры, состоящие из дросселей и конденсаторов. В настоящее время машинные преобразователи заменяются полупроводниковыми преобразователями.

§ 7. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

У электрических машин тепловозов иногда встречаются следующие неисправности.

1. Понижение сопротивления изоляции обмоток, обычно возникающее при попадании в электрическую машину грязи, масла, влаги. Для устранения неисправности машину очищают и сушат.

2. Пробои изоляции обмоток на корпус являются чаще всего следствием значительного понижения сопротивления изоляции, они могут также возникнуть при механических повреждениях изоляции или при выгорании изоляции от образовавшейся внутри машины дуги (перекрытия, перебросы). Для устранения неисправности обычно требуется ремонт (замена) вышедшей из строя катушки (обмотки).

3. Перекрытие по коллектору различной интенсивности вплоть до кругового огня. Часто сопровождается перебросом дуги на корпус и выгоранием деталей машины, попавших в область горения дуги. Возникает обычно при загрязнении и замасливании коллектора, скоплении угольной пыли в межламельных канавках, при механических повреждениях или неравномерной выработке коллектора. Меры, необходимые для устранения последствий перекрытия, зависят от его интенсивности. В некоторых случаях достаточно очистить и промыть коллектор и щеточный аппарат, сменить вышедшие из строя щетки и продуть коллекторную камеру сухим сжатым воздухом; в других — требуется ремонт и замена вышедших из строя деталей или узлов.

4. Нарушение коммутации может возникнуть по причинам электрического и механического характера. К первым относится сдвиг щеток с нейтрали, нарушение цепи обмотки дополнительных полюсов, в частности ослабление межкатушечных соединений, работа при неисправных (сколотых или сильно изношенных) щетках и др. В эксплуатации износ щеток допускается примерно наполовину.

Причины механического характера сводятся обычно к нарушению в процессе эксплуатации правильной формы коллектора (местные бугорки, эллиптичность, эксцентричность), а также к его повреждениям при попадании посторонних предметов. Меры устранения плохой коммутации зависят от причины ее возникновения. При нарушении формы или повреждении коллектора требуется его проточка.

5. Межвитковые замыкания в обмотках, возникающие при нарушении целостности изоляции. Необходимо заменить обмотки (катушки).

6. Размотка бандажей (обычно на тяговых электродвигателях), часто связанная с превышением максимально допустимой скорости вращения при боксовании. Устраняется при ремонте якоря.

7. Распайка петушков коллектора, возникающая во время чрезмерного перегрева машины (нарушение вентиляции, длительные перегрузки) или как следствие перекрытия. Повреждение можно устранить только при ремонте якоря.

8. Выход из строя роликоподшипников, чаще всего происходящий из-за провертывания внутреннего кольца (недостаточный натяг) или образования в кольце трещины при увеличенном натяге. Иногда разрушаются сепараторы или сминаются ролики от попавших частиц металла.

9. Перегрев моторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей возникает при недостаточном количестве смазки, при значительном перекосе колесной пары, при больших зазорах «на масло» и т. д.

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ТЕПЛОВОЗОВ

§ 1. КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Электрическим аккумулятором называется химический источник тока, способный накапливать (аккумулировать) подводенную к нему при заряде электрическую энергию и при необходимости отдавать эту энергию во внешнюю цепь.

Аккумуляторные батареи, установленные на тепловозах, предназначены для питания током главного генератора при пуске дизеля, цепей управления и освещения при неработающем вспомогательном генераторе, а также для питания обмотки возбуждения вспомогательного генератора до перехода его на самовозбуждение. После включения в работу вспомогательный генератор питает все низковольтные цепи тепловоза и одновременно заряжает аккумуляторную батарею.

Аккумуляторная батарея состоит из последовательно соединенных элементов, работа которых основана на способности электрической энергии преобразовываться в химическую и, наоборот, химической энергии преобразовываться в электрическую.

На тепловозах применяют свинцовые (кислотные) и железоникелевые (щелочные) аккумуляторы, отличающиеся друг от друга материалом пластин и составом электролита. Наибольшее распространение на тепловозах получили щелочные аккумуляторные батареи.

Устройство и принцип действия. Простейший свинцовый аккумулятор представляет собой сосуд с раствором серной кислоты (электролитом), в которую погружены две свинцовые пластины (электроды).

Под действием серной кислоты свинцовые пластины покрываются тонким слоем сернистого свинца. Пластины подвергаются формовке, т. е. электролитической обработке током, пропускаемым через эти пластины.

Во время заряда ток от внешнего источника подводится к положительной пластине и проходит по электролиту к отрицательной пластине. Сернистый свинец на отрицательной пластине восстанавливается в губчатый свинец, а на положительной пластине превращается в двуокись свинца. При этом образуется серная кислота, а так как на ее образование расходуется вода, то плотность электролита повышается. Аккумулятор после заряда приходит в то же состояние, в каком он находился до разряда.

Обычно в кислотных аккумуляторах отрицательные пластины изготовляют из свинца с примесью сурьмы, придающей пластинам прочность. Положительные пластины (рис. 69) делают из чистого свинца. В качестве электролита применяют раствор химически чистой серной кислоты в дистиллированной воде.

Напряжение и э. д. с. кислотного аккумуляторного элемента независимо от размеров аккумулятора при нормальной плотности электролита и средней температуре составляют 2—2,1 в.

Если внешняя цепь разомкнута, то э. д. с. и напряжение аккумулятора равны; с увеличением плотности электролита э. д. с. элемента возрастает (рис. 70).

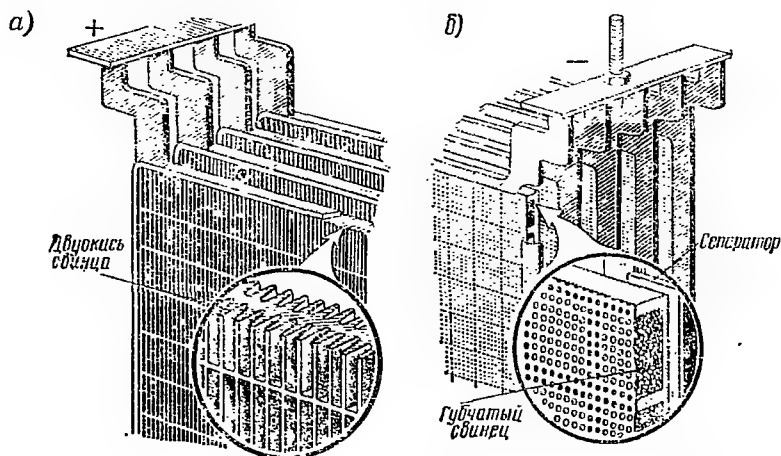


Рис. 69. Пластины кислотной аккумуляторной батареи:

а — положительные; б — отрицательные

Аккумулятор, как и любой другой источник электрической энергии, обладает внутренним сопротивлением, поэтому напряжение U , подведенное к аккумулятору при заряде, должно быть равно

$$U = E + IR_{\text{вн}},$$

где E — э. д. с. аккумулятора, в;

I — ток заряда, а;

$R_{\text{вн}}$ — внутреннее сопротивление аккумулятора, ом.

При разряде напряжение на зажимах аккумулятора меньше его э. д. с.

$$U = E - IR_{\text{вн}}.$$

Во время заряда напряжение аккумулятора изменяется. В начале заряда напряжение элемента почти не изменяется, а к концу заряда поднимается до 2,6—2,7 в, при этом около пластин интенсивно выделяются газы (аккумулятор кипит). После отключения аккумулятора от источника тока напряжение элемента быстро снижается до 2,1—2,2 в.

Во время разряда напряжение аккумулятора быстро падает до 2 в, а затем медленно уменьшается до 1,8 в. Если продолжать разряд дальше, то напряжение начнет резко падать. Чтобы избежать повреждения аккумулятора, при напряжении 1,7 в разряд прекращают.

В период разряда плотность электролита снижается, что объясняется образованием воды при происходящих реакциях; это приводит к уменьшению э. д. с. элемента. При заряде аккумулятора совершается обратный процесс.

Напряжение аккумулятора зависит от температуры электролита, так как с понижением последней возрастает внутреннее сопротивление элемента.

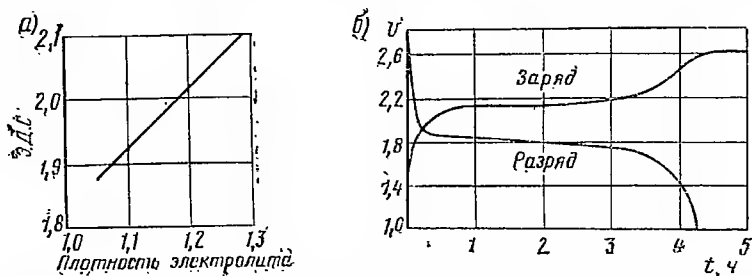


Рис. 70. Зависимость э. д. с. кислотного аккумулятора от плотности электролита (а) и зависимость напряжения кислотного аккумулятора от времени заряда или разряда (б)

Емкость. Емкостью аккумулятора называется количество электричества, которое можно получить от полностью заряженного аккумулятора при разряде до минимально допустимого напряжения на зажимах. Емкость аккумулятора равна произведению разрядного тока на время разряда и выражается в ампер-часах. Например, номинальная емкость установленной на тепловозах аккумуляторной батареи составляет 450 а·ч. Это значит, что батарею можно разряжать током 45 а в течение 10 ч или током 450 а в течение 1 ч и т. д. Следовательно, от аккумулятора можно получать большой ток в течение короткого промежутка времени или ток малой величины в течение длительного времени.

Емкость аккумулятора определяется следующими факторами:

а) количеством активной массы пластин, т. е. размерами элементов: чем больше размеры пластин, тем выше емкость;

б) величиной разрядного тока: чем меньше ток, тем больше емкость;

в) плотностью электролита: чем больше в растворе серной кислоты, тем выше емкость; следует заметить, что при значительной плотности электролита происходит быстрое закупоривание пор пластин и емкость батарей может уменьшаться;

г) температурой электролита: с повышением температуры емкость возрастает, так как электролит лучше проникает в поры пластин. Однако при температурах 40—50° С сокращается срок службы аккумуляторов (быстро разрушаются отрицательные пластины).

Отдача. Количество электричества, или энергии, которое отдает в цепь аккумулятор при разряде, всегда меньше, чем полученное им при заряде. Часть энергии расходуется на нагревание электролита и химические процессы.

Отношение количества электричества в ампер-часах, отданного при разряде аккумулятора (емкости), к полученному при заряде количеству электричества называется коэффициентом отдачи аккумулятора по емкости.

Для кислотных аккумуляторов эта величина равна 90—95 %.

Коэффициентом отдачи аккумулятора по энергии (т. е. коэффициентом полезного действия) называется отношение количества энергии в киловатт-часах, отданной при разряде, к количеству энергии, затраченной при заряде аккумулятора. Для кислотных аккумуляторов данная величина составляет 70—80 %.

§ 2. ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Щелочные аккумуляторы применяются двух типов: железоникелевые и кадмиевоникелевые.

Активная масса положительных пластин в этих аккумуляторах состоит из окисла никеля, смешанного для увеличения электропроводности с графитом. Эта масса помещена в тонкие железные оболочки

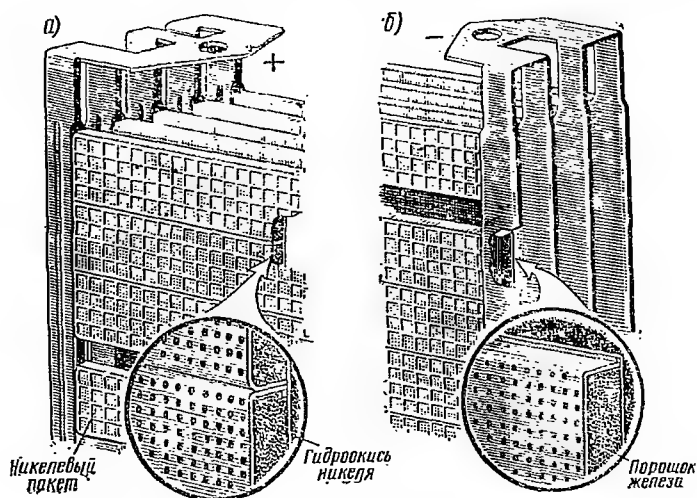


Рис. 71. Пластины щелочной (железоникелевой) аккумуляторной батареи:
а — положительные;
б — отрицательные

с мелкой перфорацией (рис. 71). Отрицательные пластины изготовлены из губчатого железа (железоникелевые аккумуляторы) или из губчатого кадмия с добавлением губчатого железа. В качестве электролита используют раствор едкого кали в дистиллированной воде.

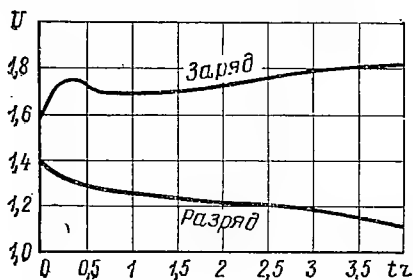
При разряде аккумулятора окислы никеля в положительных пластинах переходят в гидрат окиси железа. Особенностью щелочных аккумуляторов является то, что концентрация раствора едкого кали при разряде остается неизменной. Поэтому напряжение щелочных

аккумуляторов почти не зависит от плотности электролита и определяется степенью окисления активной массы.

Во время заряда происходит обратный процесс: на положительных пластинах образуются окислы никеля, а на отрицательных восстанавливается губчатое железо.

Полностью заряженный аккумулятор имеет э. д. с., равную примерно 1,45 в. Вследствие большого внутреннего сопротивления щелочного аккумулятора напряжение его при разряде (рис. 72) значительно меньше этой величины. Вначале оно довольно быстро падает до 1,3 в, затем медленно снижается до 1,1 в; при таком напряжении разряд следует прекратить, иначе напряжение начнет резко уменьшаться.

Рис. 72. Зависимость напряжения щелочного аккумулятора от времени заряда или разряда



Об окончании заряда щелочного аккумулятора судят по напряжению. После того как напряжение достигнет 1,83 в, заряд продолжают еще в течение 30—40 мин, а затем прекращают. Длительность заряда составляет 6—7 ч.

Щелочные аккумуляторы имеют ряд преимуществ перед кислотными: в них не применяется дефицитный свинец, они медленнее, чем свинцовые, саморазряжаются (при этом не разрушаются пластины), имеют большую механическую прочность и малую чувствительность к перезаряду и недозаряду, а также к большим разрядным токам. По сравнению с кислотными эти аккумуляторы имеют большой срок службы (шесть — десять лет вместо двух-трех лет). Недостатками щелочных аккумуляторов являются низкие коэффициенты отдачи по емкости (70—75%) и по энергии (55—60%), малое напряжение элемента (1,2 вместо 2,2 в у кислотного аккумулятора) и большой вес.

§ 3. УСТРОЙСТВО АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ТЕПЛОВЗОВ

На тепловозах работают кислотные аккумуляторные батареи типа 32ТН-450. В этом условном обозначении 32 обозначает количество элементов в батарее, буква Т — тепловозная, Н — тип положительных пластин — намазные, число 450 — емкость батарей в ампер-часах при 10-часовом разряде.

Четыре элемента батареи составляют секцию и монтируются в деревянном ящике (рис. 73). Внешняя и внутренняя поверхности ящика покрыты черным кислотоупорным лаком. Для удобства транспортировки к боковым стенкам ящика крепят подвески. Зазоры между элементами и ящиком заполняют фанерой или шпонами, а затем заливают

кислотоупорной мастикой, которой покрывают также дно ящика до установки аккумуляторов. Вес одной секции батареи с электролитом равен примерно 160 кг.

Элемент тепловозной кислотной аккумуляторной батареи (рис. 74, а) состоит из эбонитового бака 1 и пластин 2, разделенных сепараторами 12 и 13. На дне бака имеются четыре высоких продольных выступа, а снизу — четыре резиновые амортизационные полосы 14.

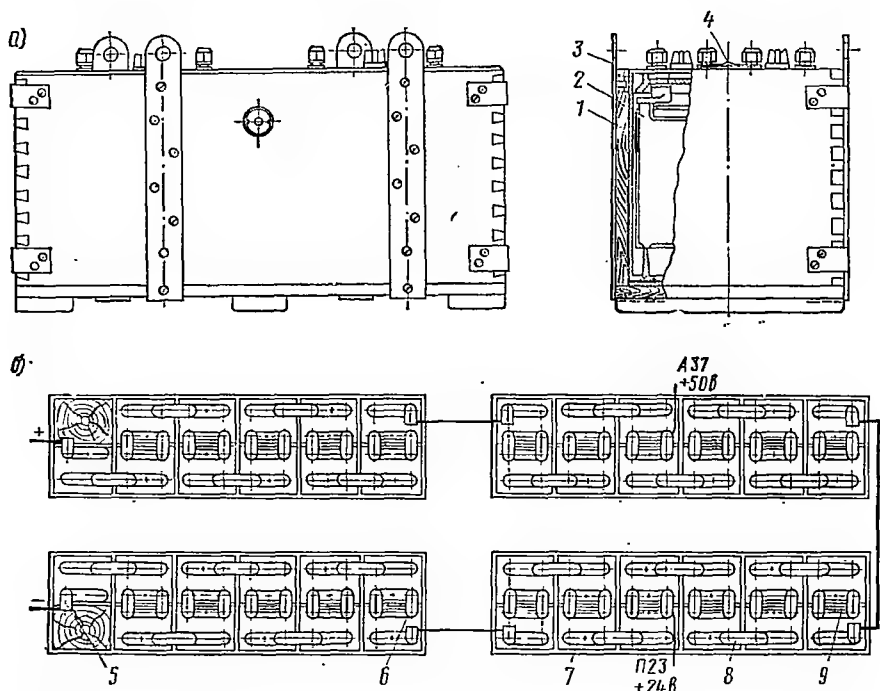


Рис. 73. Секция тепловозной кислотной аккумуляторной батареи (а) и схема соединения щелочной батареи (б):

1 — ящик; 2 — элемент батареи; 3 — подвеска; 4 — межэлементные соединения; 5 — перемычка выводная; 6 — перемычка короткая; 7 — перемычка длинная; 8 — перемычка соединительная; 9 — перемычка уравнивающая

В крышке 5 элемента пять отверстий, четыре из которых предназначены для контактов 4 и одно для заливки электролита. Последнее закрыто пробкой 11 особой конструкции с вертикальными и горизонтальными каналами и отражательным щитком. По каналам выходят газы, образующиеся в элементе при работе, а щиток предотвращает выплескивание электролита. В каждом элементе 19 положительных и 20 отрицательных пластин.

Пластины представляют собой щитки, отлитые из свинцовосурьмянистого сплава (95% свинца и 5% сурьмы) и заполненные активной массой. Толщина положительных пластин 4,7 мм, отрицательных 3,3 мм.

Внизу каждая пластина имеет две ножки, которыми она опирается на выступы сосуда, а в верхней части — контактные ушки. Пластины соединены баретками в положительные и отрицательные полублоки, к которым припаяны контакты, состоящие из медного штыря и свинцовосурьмянистой наплавки. Контакты уплотнены в крышке резиновыми шайбами 8 и 9. В зазоры между крышкой 5 и баком 1 элемент укладывают асбестовый шнур 6 и заливают кислотоупорную мастику 7.

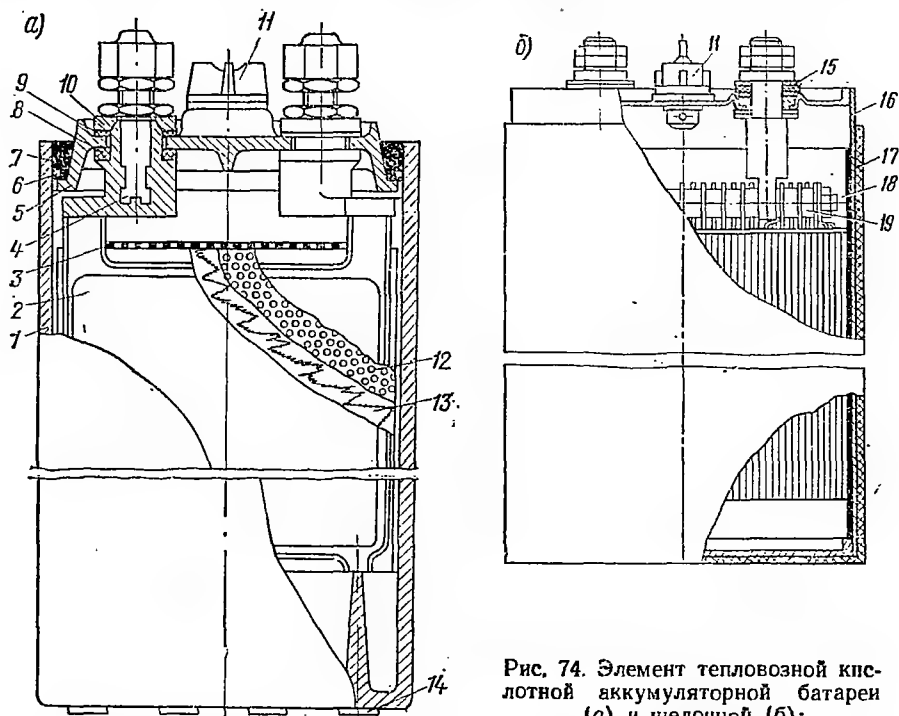


Рис. 74. Элемент тепловозной кислотной аккумуляторной батареи (а) и щелочной (б):

1 — бак; 2 — пластины; 3 — щиток; 4 — контакт; 5 — крышка; 6 — асбестовый шнур; 7 — мастика; 8 и 9 — резиновые шайбы; 10 — конусное кольцо; 11 — пробка; 12 и 13 — сепараторы; 14 — резиновые амортизационные полосы; 15 — кольцо изоляционное; 16 — сосуд металлический; 17 — чехол резиновый; 18 — электролит; 19 — блок пластин

Один из сепараторов, разделяющих разноименные пластины, изготовлен из листового пористого полихлорвинила толщиной 0,45 мм, другой — из стекловолока или винипласта. Сверху на сепаратор уложен защитный щиток 3, предохраняющий электролит от расплескивания. В кислотной батарее тепловоза электролитом служит раствор аккумуляторной серной кислоты (удельный вес ее 1,83 г/см³) в дистиллированной воде.

Все элементы аккумуляторной батареи соединены между собой последовательно. Контактные выводы и межэлементные соединения изготовлены из меди или латуни. Чтобы предохранить от коррозии выводы и соединения, их покрывают свинцом. Зависимость емкости аккумуляторной батареи типа 32ТН-450 от режима разряда иллюстрируется табл. 10.

Таблица 10

Разрядный режим	Ток, <i>a</i>	Минимально допустимое напряжение элемента, <i>в</i>	Емкость батареи, <i>a · ч</i>
5-часовой	110	1,0	550
Прерывистый (толчками)	2 700	Не ниже 0,6	550

На ряде тепловозов, в том числе 2ТЭ10Л и ТЭМ2, установлены щелочные батареи типа 46ТПЖН-550. Батарея этого типа разработана специально для тепловозов и состоит из 46 последовательно соединенных элементов. Напряжение ее в заряженном состоянии около 60 *в*, емкость 550 *a · ч* при 5-часовом разрядном режиме до минимального напряжения, равного 1 *в* на элемент.

Зарядный ток нормально равен 150 *a*, напряжение аккумулятора в конце заряда 1,75 *в*. После окончания и отключения батареи напряжение элемента падает до 1,4—1,5 *в*.

Аккумулятор имеет два блока положительных и отрицательных пластин, которые размещены в стальном сосуде 16 (см. рис. 74, б). Пластины представляют собой ламели (коробочки), соединенные между собой в замок и укрепленные стальными ребрами, к которым приварены контактные планки. Пластины изолированы перфорированными сепараторами и резиновыми шнурами. Каждый блок имеет два борна, выведенных через отверстия в крышке и изолированных винипластовыми и резиновыми кольцами 15, препятствующими вытеканию электролита.

Сосуд аккумулятора окрашен снаружи эпоксидной эмалью и защищен резиновым чехлом 17.

Четыре аккумуляторных ящика 37 (см. рис. 6), расположенных под полом по обеим сторонам дизеля, выполнены из листовой стали, покрытой противощелочным лаком. Ящики снабжены вентиляционными каналами. Внизу ящика имеется поддон и деревянная рамка, на которую устанавливаются аккумуляторные банки, изолированные от ящика деревянными брусками. Батарея состоит из 46 элементов, соединенных последовательно медными никелированными перемычками (см. рис. 73, б).

Электролитом щелочной батареи служит 20-процентный водный раствор едкого кали (удельный вес 1,19—1,21 *г/см³*) в дистиллирован-

Таблица 11

Удельный вес электролита при <i>t</i> =20° С	Количество воды, л	
	на 1 кг твердой щелочи	на 1 л жидкой щелочи с удельным весом 1,41
1,19	3,0	1,2
1,21	2,7	1,0
1,27	2,0	0,55

ной воде с добавлением 20 г/л моногидрата едкого лития, увеличивающего срок службы батареи, особенно при повышенных температурах.

При низких температурах (ниже -15°C) следует применять раствор чистого едкого кали с удельным весом 1,27; это предохраняет электролит от замерзания.

Для приготовления электролита можно руководствоваться табл. 11. Электролит готовят в железной сварной посуде. Запрещается пользоваться посудой оцинкованной, луженой, медной, свинцовой и керамической.

§ 4. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

При правильной эксплуатации и тщательном уходе щелочные аккумуляторы работают длительное время без снижения емкости.

Основной неисправностью щелочных аккумуляторов является потеря емкости. Емкость исправной батареи может снизиться из-за многократных пусков дизеля без последующего подзаряда; длительной работы вспомогательного оборудования при неработающем дизеле; систематического недозаряда батареи; длительной работы тепловоза с аварийным питанием; возбуждения генератора от батареи и др. Снижение емкости, во-время замеченное, может быть устранено или приостановлено. Основными причинами потери емкости являются: накопление карбонатов в электролите, загрязнение электролита вредными примесями, высокая температура электролита во время эксплуатации, короткие замыкания в аккумуляторах.

Во время работы батареи в электролите за счет уголекислоты, поглощаемой из воздуха, накапливаются карбонаты, что вызывает повышение внутреннего сопротивления. Увеличение содержания карбонатов в 2,5—3 раза против нормы снижает емкость на 35—40%.

Наиболее вредными примесями электролита являются хлор, аммиак, металлы и органические вещества. Небольшое содержание этих веществ усиливает саморазряд аккумуляторов, поэтому необходимо производить анализ воды, предназначенной для электролита.

Высокая температура электролита во время эксплуатации батареи вызывает безвозвратную потерю емкости из-за пассивации положительных электродов. С ростом температуры электролита железная активная масса начинает растворяться, действуя на положительный электрод и снижая при этом емкость.

Высокая температура электролита может быть вызвана систематическим перезарядом аккумуляторов. Перезаряд аккумуляторной батареи чаще наблюдается зимой, так как дизель останавливается на непродолжительное время и не чаще 2—3 раз в сутки. Поэтому в зимнее время необходимо утеплять батарею, а не увеличивать ток подзаряда. Исследования показали, что периодический подзаряд батареи снижает перезаряд ее и расход воды, а это способствует увеличению срока службы. В настоящее время разработано для тепловозов 2ТЭ10Л бесконтактное устройство, обеспечивающее заряд батареи после пуска дизеля в течение 30 мин током 120 а, а затем ток ограничивается величиной в 10 а.

Причиной коротких замыканий в аккумуляторных элементах чаще всего является большое количество осадков, образующихся при вымывании активной массы из электродов. Такое явление (особенно на отрицательных электродах) может вызываться систематическим перезарядом аккумуляторов, так как он сопровождается обильным выделением газов. Газ, образующийся в результате электролиза воды, увлекает частички активной массы и выносит их из электродов в электролит. Когда температура электролита достигает 50—60° С, частички активного железа растворяются в нем, а при охлаждении выделяются из электролита и оседают пленкой. Сепараторы металлизуются и превращаются в проводники, что приводит к усиленному саморазряду и даже короткому замыканию. Короткие замыкания бывают и во всей батарее, часто к ним приводит падение сопротивления изоляции ниже нормы. Величина сопротивления изоляции батарей, измеренная вольтметром, должна быть не менее 25 *ком*.

Щелочные аккумуляторы в отличие от кислотных редко подвергаются капитальному ремонту с заменой электродов. На щелочных батареях только восстанавливают емкость и меняют загрязненный электролит. После смены электролита аккумуляторам сообщается два тренировочных цикла и один контрольный.



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Условия работы электрических аппаратов на тепловозах. Электрические аппараты при работе тепловозов испытывают тряску, значительные колебания температуры, воздействие влаги, пыли, грязи, масла. Тряска вызывает колебания (в основном вертикальные) деталей аппаратов. Эти колебания могут привести к ослаблению болтовых соединений, обрыву проводов и ложному срабатыванию аппаратов. Чтобы этого не произошло, все крепежные детали — болты, винты, гайки, шпильки — ставят с пружинными шайбами; на ряде аппаратов устанавливают шплинты, контргайки, шайбы с отгибающимися концами и др.

Надежный электрический контакт обеспечивается путем пайки токоведущих частей припоями и монтажа проводов таким образом, чтобы исключалась возможность их перемещения при тряске (небольшие припуски, прибандажировка к неподвижным частям). Ложное срабатывание аппаратов исключается тем, что подвижные части, имеющие слабые пружины, балансируются, т. е. подбираются так, чтобы масса подвижных частей относительно оси вращения распределялась равномерно. Часть аппаратов устанавливают на амортизаторах.

Наиболее чувствительные и точные аппараты закрывают кожухами (регулятор напряжения, реле давления масла, реле ограничения тока).

Детали из меди или медных сплавов покрывают оловом (лудят) или красят эмалями и лаками, за исключением рабочих контактов. Детали, изготовленные из черных металлов, оцинковывают или окрашивают, а иногда хромируют или никелируют.

Стальные оси шарнирных соединений, как правило, выполняют без покрытий, но в отверстие соединения запрессовывают втулку из латуни или бронзы. Чтобы пыль, попавшая на изолятор, не могла вызвать перекрытия по изоляции, увеличивают расстояния между токоведущими деталями. Несмотря на то что тепловозные аппараты приспособлены для работы в тяжелых условиях, их безаварийная работа во многом зависит от качества ухода за ними.

Контакт электрических соединений. Место перехода тока от одного проводника к другому называется *контактом*, а электрическое сопротивление в этом месте — *контактным*, или *переходным*, *сопротивлением*. Различают неподвижные и подвижные контактные соединения.

К неподвижным контактным соединениям относятся такие, которые в процессе работы не разъединяются (соединение шин, кабельных

наконечников). К подвижным контактным соединениям относятся контакты аппаратов, которые в процессе работы разъединяются.

Величина контактного сопротивления зависит от силы нажатия, материала, температуры и качества обработки соприкасающихся поверхностей. Одной из причин лужения медных контактов является снижение переходного сопротивления за счет их покрытия более мягким материалом.

Электрический ток вызывает нагрев контактов, что в свою очередь приводит к окислению поверхностей, а следовательно, к росту контактного сопротивления. Увеличение сопротивления при окислении поверхности наиболее заметно у медных и алюминиевых контактов.

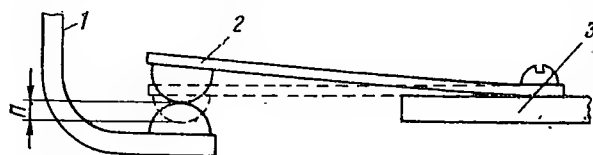


Рис. 75. Провал контактов реле:

1 — неподвижный контакт;
2 — подвижный контакт;
3 — якорь; II — провал

Чтобы неподвижные контактные соединения не окислялись, их медные детали подвергают лужению. Подвижные контактные соединения (контакты контакторов, реверсора, рубильников) смазывают легким слоем технического вазелина.

Повышение контактного сопротивления при окислении серебра весьма незначительно, поэтому серебряные и посеребренные медные контакты обеспечивают наиболее устойчивые соединения. Такие контакты широко применяются в тяговой электроаппаратуре.

При увеличении контактного сопротивления повышаются тепловые потери, контакты могут перегреться, а при больших сопротивлениях оплавиться. Для уменьшения сопротивления применяют пружины, создающие достаточное нажатие на контакты.

Основными величинами, характеризующими работу подвижного контактного соединения, являются: конечное давление (нажатие), начальное давление, раствор (разрыв), провал.

Усилие, создаваемое контактной пружиной в точке конечного касания контактов (при полностью включенном контакторе), называется *конечным нажатием*.

Усилие, создаваемое контактной пружиной в точке первоначального касания контактов, называется *начальным нажатием*.

Конечное и начальное нажатия являются важными эксплуатационными показателями. Нагрев контактов в значительной степени зависит от конечного давления. Уменьшенное начальное нажатие приводит к оплавлению и привариванию контактов, а увеличенное значение его — к нечеткому срабатыванию контактора и к застреванию в промежуточных положениях.

Кратчайшее расстояние между контактными поверхностями подвижного и неподвижного контактов в разомкнутом положении называется *раствором*. Его величина указывается в технических данных аппаратов. Раствор создает необходимый изоляционный промежуток

(воздушный) между контактами. Большая величина раствора может не обеспечить нормального нажатия и притирание, а малая величина может вызвать перекрытие между контактами.

В процессе включения контактов происходит их относительное скольжение и перекатывание. Скольжение разрушает пленку поверхностного окисления, перекатывание удаляет рабочую точку контактов от места включения и отключения, т. е. от места разрыва дуги. Это уменьшает износ контактов и предохраняет их рабочую поверхность от обгорания. Процесс совместного скольжения и перекатывания контактов от точки соприкосновения до конечного рабочего положения называется *притиранием* контактов.

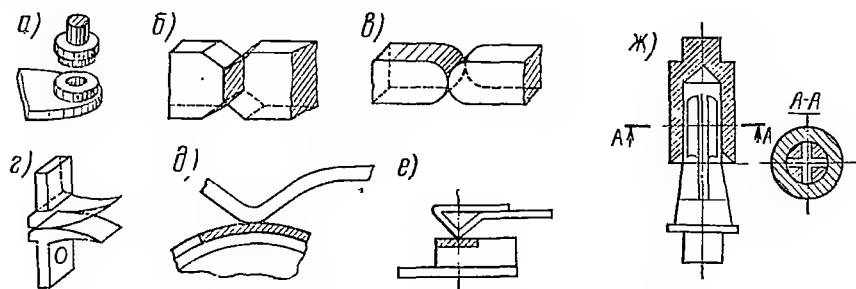


Рис. 76. Формы контактных поверхностей

Для лучшего притирания подвижной контакт нужно сконструировать так, чтобы возможно было обеспечить продолжение его движения после начала соприкосновения контактов. При этом после соприкосновения до положения полного включения подвижной контакт будет перекатываться и скользить по поверхности неподвижного, а контактный рычаг (или якорь) переместится на определенное расстояние и отойдет от контактодержателя. Если при полностью включенном аппарате убрать неподвижный контакт, то подвижной контакт будет перемещаться до тех пор, пока контактодержатель не соприкоснется с рычагом. Это расстояние называется *провалом* (рис. 75).

Помимо притирания, провал обеспечивает также в пределах допусков работу контактора при изношенных контактах.

По форме контактные поверхности разделяются на три типа.

Точечные, у которых соприкосновение происходит в одной точке (практически по поверхности малого радиуса) (рис. 76, а). Эти контакты применяются при небольших токах, например в блокировочных контактах реле.

Плоские (поверхностные), у которых соприкосновение происходит в отдельных точках и по малым поверхностям (рис. 76, б). При небольших нажатиях плоский контакт дает малое число касающихся выступов и, следовательно, имеет значительное сопротивление.

Линейные, у которых соприкосновение происходит по прямой линии (практически по очень узкой полоске), например касание двух цилиндрических контактных поверхностей (рис. 76, в). Линейный кон-

такт при небольших нажатиях имеет относительно малое сопротивление. Линейные контакты нашли широкое применение в современных электрических аппаратах.

На тепловозах используются так называемые Г-образные контакты (в контакторах рис. 76, *г*), пальцевые (например, в реверсоре, блокировках, рис. 76, *д* и *е*) и штепсельные (рис. 76, *ж*) линейного типа.

Образование электрической дуги и дугогашение. В аппаратах, выключающих электрические цепи под током значительной величины, разрыв цепи почти всегда сопровождается образованием электрической дуги, так как перед размыканием контактов вследствие резкого уменьшения нажатия и поверхности соприкосновения контакты в этом месте сильно нагреваются. В результате создается поток электронов, движущийся от горячего катода (отрицательного контакта) и ионизирующий окружающий воздух. Поэтому цепь сразу не разрывается и ток некоторое время течет через ионизированную среду. Температура дуги достигает очень больших величин — в среднем около 5000°C . Дуга, как и любой проводник, обладает определенным сопротивлением, зависящим от ее длины, сечения, условий охлаждения и среды.

Для лучшего гашения дуги необходимо, чтобы контакты размыкались с большой скоростью только до момента достижения критической длины дуги, при которой последняя гаснет уже без дальнейшего раздвижения контактов. Затем скорость размыкания желательно уменьшить, так как большие скорости размыкания в цепях, обладающих значительной самоиндукцией, вызывают опасные перенапряжения.

Чтобы раздвинуть контакты до расстояния, соответствующего критической длине дуги, потребовались бы большие габариты аппаратов, поэтому для увеличения длины дуги применяют особые дугогасительные устройства.

Дугогасительное устройство контактора состоит из камеры, в которой дуга гасится при помощи магнитного дутья, создаваемого специальной катушкой. Гашение дуги магнитным дутьем основано на законе взаимодействия проводника с током и магнитного потока. При выключении контактора между его контактами образуется дуга, вокруг которой создается магнитное поле (рис. 77). Это поле взаимодействует с полем, создаваемым дугогасительной катушкой таким образом, что дуга выталкивается по направлению к дугогасительным рогам 4 (рис. 78). Перемещаясь по рогам, дуга удлиняется до тех пор, пока не произойдет ее разрыв. Таким образом, дугу можно рассматривать как проводник с током, помещенный в магнитное поле дугогасительной катушки. Направление движения проводника при этом определяется правилом левой руки. Выбрав нужное направление потока в пространстве между контактами, мы можем заставить дугу выдвигаться в требуемом направлении.

На рис. 78 показано электромагнитное дугогасительное устройство контактора. Магнитное поле создается дугогасительной катушкой 2, которая включена в силовую цепь последовательно с контактами 1. Стенки дугогасительной камеры имеют железные полюсные наконечники 5, замкнутые сердечником 3 катушки.

Намотка катушки выполнена так, что поток, создаваемый ею, направлен за плоскость фигуры (от нас). Путь замыкания потока следующий: сердечник — полюс — воздушный зазор между полюсами — полюс-сердечник.

В результате взаимодействия магнитных полей дуги и катушки возникает сила, выталкивающая дугу в дугогасительную камеру. При этом дуга перебрасывается на дугогасительные рога 4. Под действием магнитного дутья и потоков нагретого воздуха внутри камеры электрическая дуга перемещается к концам дугогасительных рогов, удлиняясь и охлаждаясь, что приводит к быстрому ее гашению.

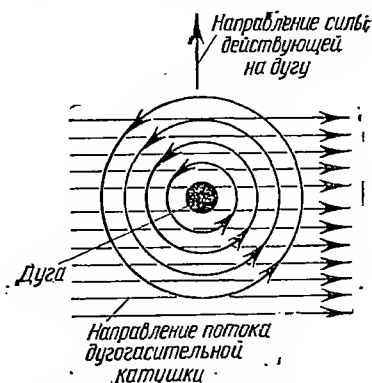


Рис. 77. Взаимодействия магнитных потоков, создаваемых дугогасительной катушкой и дугой

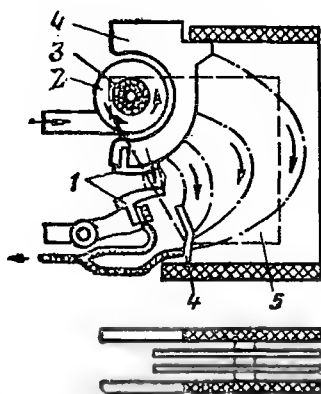


Рис. 78. Электромагнитное дугогасительное устройство:

1 — силовые контакты; 2 — дугогасительная катушка; 3 — сердечник катушки; 4 — дугогасительные рога; 5 — полюсные наконечники

Чтобы ускорить гашение дуги, в дугогасительных камерах тепловозных контакторов сделаны продольные перегородки (существуют камеры и с поперечными перегородками). Последние расщепляют дугу на несколько параллельных пучков, которые, соприкасаясь с холодными перегородками, дополнительно охлаждаются и деионизируются. Кроме того, дугогасительная камера препятствует перебросу электрической дуги на близко расположенные металлические части. Дугогасительные камеры изготовляют из асбоцемента, который обладает высокой теплостойкостью и хорошими изолирующими свойствами.

Классификация аппаратов. Аппараты, включенные в силовую цепь тепловоза (ее напряжение достигает 900 в) непосредственно или через добавочные сопротивления, называются *высоковольтными*.

Аппараты, работающие в цепях управления, освещения и вспомогательных нагрузок, напряжение которых не выше 75 в, называются *низковольтными*.

Высокое напряжение может вызвать перекрытие токоведущих частей на корпус тепловоза и тем самым серьезно повредить электрическое

оборудование. Чтобы избежать этих явлений, в высоковольтных аппаратах предусмотрены значительные расстояния (согласно техническим условиям) между токоведущими частями и корпусом, а в некоторых случаях эти части надежно изолируют. Так, например, болты силовых контакторов (ПК-753) выполняют с изоляционной головкой; болты, крепящие аппараты к каркасу высоковольтной камеры, закрывают электрокартоном или заливают изоляционной массой. Изоляция катушек контакторов и реле, включенных в высоковольтную цепь, повышена по сравнению с низковольтными аппаратами.

В зависимости от привода аппараты подразделяются на аппараты с непосредственным, или ручным, приводом и аппаратами косвенного, или дистанционного, управления.

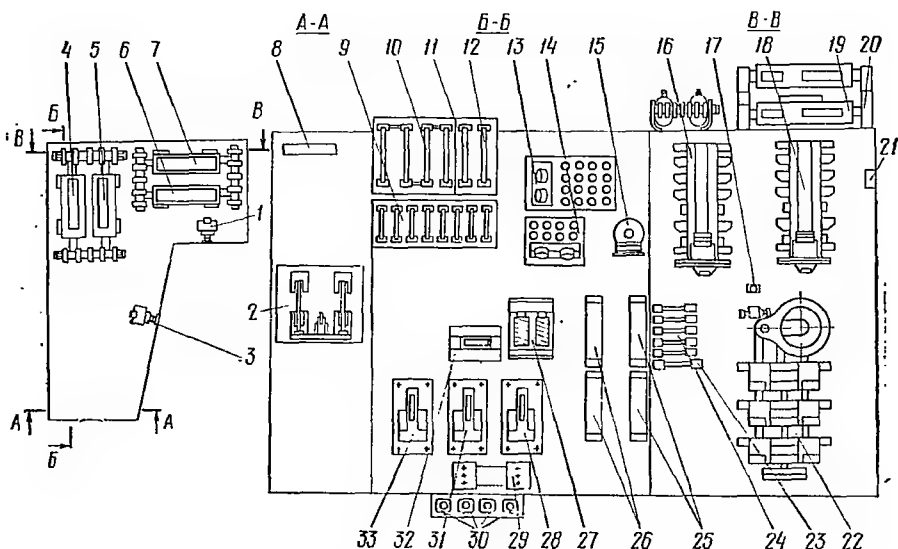


Рис. 19. Расположение электрооборудования в левой высоковольтной камере

1, 3 — концевые выключатели блокировки дверей БДЗ и БД4; 2 — разъединитель аккумуляторной батареи ВБ; 4, 5, 6, 7 — сопротивления СШ5, СШ3, СШ6 и СШ2 ослабленные поля тяговых электродвигателей; 8 — сборная рейка № 7; 9 — регулировочные регистры в цепи обмоток амплитаста СОР, СОУ, СОЗ; в цепи обмоток трансформаторов постоянного напряжения СВТН и постоянного тока СВТТ, а также в цепи возбуждения тахогенератора (СВТ); 10 — сопротивления в цепи управляющей обмотки трансформатора постоянного напряжения СТН; 11 — регулировочное сопротивление в цепи стабилизирующего трансформатора СТС; 12 — регулировочный резистор в цепи возбуждения синхронного подвозбудителя СВВП; 13 — панель выпрямителей ПВ в цепи трансформаторов постоянного тока и напряжения; 14 — панель выпрямителей ВВ в цепи питания независимой обмотки возбудителя; 15 — трансформатор постоянного напряжения ТПМ; 16, 18 — контакторы электропневматические для включения шунтирующих сопротивлений ВШ1 и ВШ2; 17 — датчик пожарной сигнализации; 19 — сопротивление ослабления поля СШ4 (за ним СШ1); 20 — сборная рейка № 6; 21 — розетка; 22 — реверсор ПР; 23 — шунт амперметра в цепи обмотки независимого возбуждения генератора; 24 — шунты в цепях (сверху вниз) регулировочной обмотки амплитаста, размагничивающей обмотки возбудителя, независимой обмотки возбудителя; 25 — сборная рейка № 7 (СК-7); 26 — сборная рейка № 6 (СК-6); 27 — амплитаст возбуждения АВ; 28, 31, 33 — контакторы пуска дизеля ДЗ, Д2, Д1; 29 — шунт на 6000 а в силовой цепи генератора; 30 — розетки (слева направо): ввода тепловоза в депо на пониженном напряжении; внешнего источника питания; подключения кабелей при реостатных испытаниях; 32 — распределительный трансформатор переменного тока ТР

При непосредственном управлении все переключения в цепях производятся рукой управляющего лица (например, включение и отключение выключателя — рубильника аккумуляторной батареи).

При дистанционном управлении электрические аппараты, выполняющие переключения в цепях, отделяются от аппаратов управления; связь аппаратов управления с переключающими осуществляется через вспомогательную электрическую цепь, называемую *цепью управления*.

Например, силовые контакторы, подключающие тяговые электродвигатели к главному генератору, включаются и выключаются посредством аппаратов управления — контроллера машиниста и кнопочного выключателя, производящих соответствующие переключения в цепях управления.

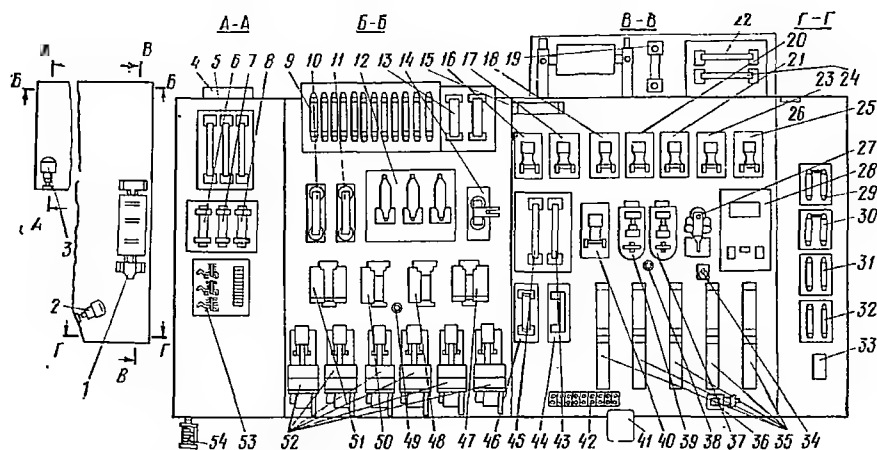


Рис. 80. Расположение электрооборудования в правой высоковольтной камере:

1 — резистор зарядки аккумуляторной батареи СЗБ; 2, 3 — концевые выключатели блокировки дверей БД1, БД2; 4 — сборная рейка № 5; 5 — регулировочные сопротивления в цепи размагничивающей обмотки возбуждения возбuditеля СВВ; 6 — предохранитель на 125 а в цепи вспомогательного генератора; 7 — предохранитель на 125 а в цепи электродвигателя питания маслопрокачивающего насоса МН; 8 — предохранитель на 160 а в цепи аккумуляторной батареи; 9 — регулировочные резисторы СРПН1 и СРПН2 в цепи катушек напряжения реле переходов РП1 и РП2; 10 — реле перехода РП1; 11 — реле перехода РП2; 12 — панель реле боксования; 13 — регулировочный резистор прожектора СПР; 14 — реле обратного тока РОТ; 15 — сборная рейка № 1, 16, 17, 18, 20, 21, 28, 25 — реле управления РУ3, РУ4, РУ6, РУ7, РУ8, РУ9, РУ10; 19 — шунт амперметры в цепи зарядки аккумуляторной батареи; 22 — резистор автостопа СУ; 24 — резистор в цепи заземления СРЗ; 26 — сборная рейка освещения высоковольтных камер; 27 — реле времени РВ3; 28 — регулятор напряжения ТРН; 29, 30 — резисторы в цепях реле времени СРВ1 и СРВ2; 31, 32 — резисторы в цепях ламп переднего и заднего буферных фонарей СС1 и СС2; 33 — добавочное сопротивление к вольтметру 102 тягового генератора; 34 — переключатель режимов работы ПКР; 35 — сборные рейки слева направо СК1, СК2, СК3, СК4 и СК5; 36 — датчик электромагнетра ЭДМ У-15; 37 — реле времени РВ2; 38, 49 — датчики пожарной сигнализации; 39 — реле времени РВ1; 40 — реле заземления РЗ; 41 — реле давления воздуха в тормозной магистрали РД; 42 — сборная рейка с добавочными сопротивлениями к электроизмерительным приборам; 43 — регулировочный резистор СРР в цепи реостата объединенного регулятора; 44 — разъединитель реле заземления ВРЗ; 45 — резистор гашения э. д. о. самондукции в обмотке возбуждения генератора СВГ; 46 — регулировочный резистор СРПТ в цепях токовых катушек реле перехода РП1 и РП2; 47 — контактор зарядки аккумуляторной батареи Б; 48 — контактор маслопрокачивающего насоса; 50 — контактор синхронного возбуждения ВВ; 51 — контактор КВ в цепи обмотки независимого возбуждения генератора; 52 — контакторы включения тяговых электродвигателей (слева направо) П1—П6; 53 — реле РР1—РР3 в цепях управления жалюзи холодильника; 54 — клапан песочницы КЛП

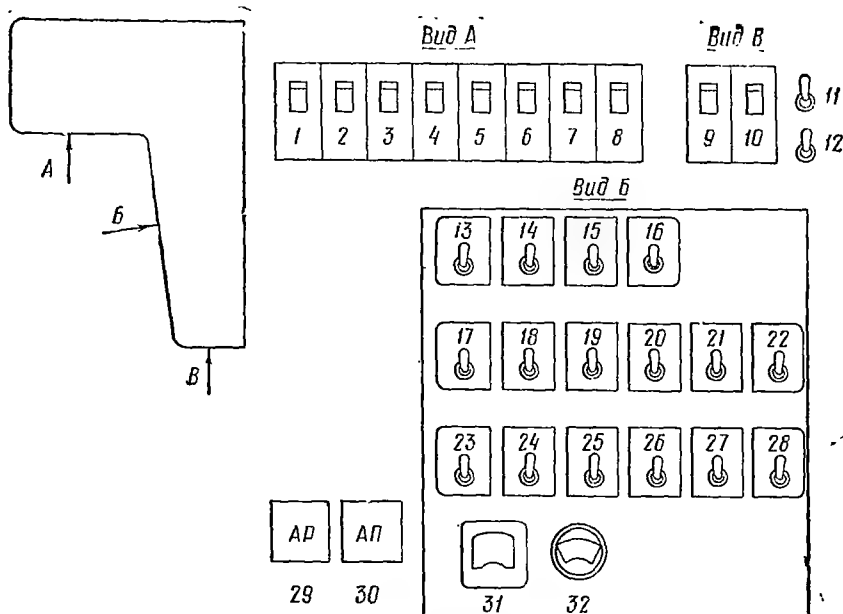


Рис. 81. Расположение выключателей и приборов на стенках правой высоковольтной камеры:

1 — преобразователь; 2 — локомотивная сигнализация; 3 — вентиляторы кабины машиниста; 4 — жалюзи; 5 — пожарная сигнализация; 6 — светосигнальные приборы; 7 — вентилятор кузова; 8 — топливный насос; 9 — «общий минус»; 10 — «общий плюс» (выключатели 1—10 имеют электромагнитное устройство, автоматически выключающее их при коротких замыканиях и при перегрузках в цепях); 11 — освещение высоковольтных камер; 12 — освещение дизельного помещения; 13 — задний левый буферный фонарь; 14 — задний правый буферный фонарь; 15 — передний левый буферный фонарь; 16 — передний правый буферный фонарь; 17 — отключение первого тягового электродвигателя ОМ-1; 18 — отключение второго тягового электродвигателя ОМ-2; 19 — отключение третьего тягового электродвигателя ОМ-3; 20 — отключение четвертого тягового электродвигателя ОМ-4; 21 — отключение пятого тягового электродвигателя ОМ-5; 22 — отключение шестого тягового электродвигателя ОМ-6; 23 — заземление в цепи плюс; 24 — заземление цепи; 25 — локомотивная сигнализация; 26 — подкузовное освещение; 27 — маслопрокачивающий насос; 28 — световой номер; 29 — переключатель возбуждения «нормальное аварийное»; 30 — переключатель аварийного питания дизеля; 31 — вольтметр «Напряжение цепи управления»; 32 — манометр «Воздух контакторов»; тумблеры 11, 12 и 29—30 — ручные

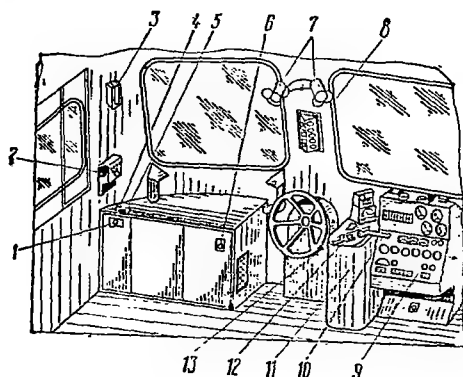


Рис. 82. Расположение электрооборудования в кабине машиниста:

1 — кнопка аварийной остановки дизеля; 2 — пульт пожарной сигнализации КС; 3 — дифференциальный манометр; 4, 5 — кнопки контроля цепей пожарной сигнализации в высоковольтных камерах и дизельном помещении; 6 — автоматический выключатель калорифера; 7 — вентиляторы; 8 — локомотивный светофор; 9 — приборная панель пульта управления; 10 — рукоятка контроллера машиниста; 11 — контроллер машиниста; 12 — реверсивная рукоятка; 13 — замковый ключ

На современных тепловозах применяется система дистанционного управления, изолирующая машиниста от соприкосновения с высоковольтным оборудованием и позволяющая автоматизировать управление агрегатами тепловоза (главным генератором, тяговыми электродвигателями, дизелем, вспомогательными машинами), вести контроль за их действием, а также защитить машины от ненормальных режимов работы. Кроме того, дистанционное управление упрощает размещение аппаратов на локомотиве и позволяет осуществить управление несколькими секциями тепловозов с одного поста. Такое управление называется «Управлением по системе многих единиц».

Ниже рассматривается назначение, работа и техническая характеристика каждого аппарата тепловозов.

Однако необходимо отметить, что основными техническими характеристиками аппаратов являются: ток и напряжение (длительное и максимальное), раствор, провал и нажатие контактов, ток срабатывания (для реле).

Расположение аппаратуры на тепловозе. На тепловозах все электрические аппараты, за исключением осветительной арматуры наружного освещения, размещены в высоковольтной камере и на пульте управления.

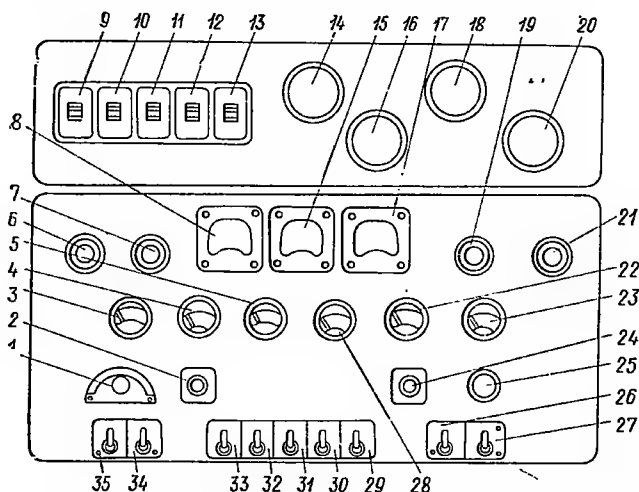


Рис. 83. Приборная панель пульта управления:

1 — реостат «Освещение прибора»; 2 — кнопка «Пуск дизеля второй секции»; 3 — манометр «Масло второй секции»; 4 — термометр «Вода второй секции»; 5 — манометр «Топливо»; 6 — зеленая сигнальная лампа «Дизель второй секции»; 7 — красная сигнальная лампа «Сброс нагрузки второй секции»; 8 — амперметр «Нагрузка генератора»; 9, 10, 11, 12 и 13 — автоматические выключатели; 9 — «Управление тепловозом»; 10 — «Топливный насос второй секции»; 11 — «Приборы»; 12 — «Управление»; 13 — «Топливный насос»; 14 — манометр «Воздух в уравнительном резервуаре»; 15 — вольтметр «Напряжение генератора»; 16 — манометр «Воздух в главном резервуаре»; 17 — амперметр «Ток зарядки батарей»; 18 — манометр «Воздух в тормозных цилиндрах»; 19 — сигнальная лампа «Сброс нагрузки первой секции»; 20 — манометр «Воздух магистрали»; 21 — красная сигнальная лампа «Реле заземления»; 22 — манометр «Масло дизеля»; 23, 28 — термометры «Вода дизеля» и «Масло дизеля»; 24 — кнопка «Пуск дизеля первой секции»; 25 — кнопка управления; 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 — ручные выключатели (тумблеры); 26 — «Прожектор тусклый»; 27 — «Прожектор яркий»; 29 — «Автоматическое управление»; 30 — «Вентилятор холодильника»; 31 — «Верхние жалюзи»; 32 — «Жалюзи масла»; 33 — «Жалюзи воды»; 34 — «Освещение приборов»; 35 — «Отключение перехода»

На большинстве тепловозов (ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭП60 и др.) имеется одна высоковольтная камера, а на тепловозах типов ТЭ10 и ТЭ109 электрические аппараты размещены в двух камерах.

Схема расположения электрических аппаратов в высоковольтных камерах тепловоза 2ТЭ10Л показана на рис. 79 — 81.

Как видно из рисунков, аппараты силовой цепи и включения нагрузки главного генератора в основном размещают на задних стенках высоковольтных камер.

На боковых стенках группируют аппараты управления и защиты силовой цепи, а также аппараты, управляющие зарядом аккумуляторной батареи. В правой передней части кабины машиниста сосредоточены приборы управления тепловозом и контроля за работой отдельных агрегатов, а слева — приборы и выключатели, за показаниями которых следит помощник машиниста.

Расположение приборов управления на посту управления показано на рис. 82, 83.

§ 2. АППАРАТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Контроллеры машиниста

При помощи контроллера (КМ)* машинист изменяет мощность дизеля, переключает реверсор (задает направление движения) и осуществляет включение и выключение отдельных электрических цепей в определенной последовательности.

Контроллер имеет две рукоятки: съемную реверсивную и главную. Реверсивная рукоятка совместно с реверсом служит для изменения направления движения тепловоза. Главной рукояткой выполняют переключения в цепях управления, необходимые для трогания с места, регулирования мощности и скорости вращения вала дизеля.

На тепловозе ТЭ3 установлен шестнадцатипозиционный контроллер типа КВ-16А-12 (рис. 84). Корпус контроллера состоит из задней стенки 11, крышки 8 и днища 18. На нижнюю квадратную часть вала 15 насажены пластмассовые кулачковые шайбы 26, имеющие вырезы на части окружности. На изоляционной стойке 16 установлены контактные пальцы, рычаги которых шарнирно связаны с угольниками. К каждому рычагу при помощи штифта с пружиной 25 прикреплен подвижной контакт 24 с серебряной напайкой, соединенный с угольником гибким плетеным кабелем (шунтом). На рычаге установлен на оси ролик 27, который при повороте вала 15 катится по боковой поверхности шайбы 26 и прижимается к ней пружиной 28.

Неподвижные контакты 23 привернуты ко второй изоляционной стойке 1. При повороте главной рукоятки 7 и вала 15 вращаются шайбы 26. Пока ролик катится по круглой поверхности шайбы, контакты разомкнуты. Когда же ролик попадает в вырез, контакты замыкаются под действием пружины.

* Для всех аппаратов приводится условное обозначение, принятое для схемы электрических соединений тепловоза 2ТЭ10Л.

Контроллер имеет 14 пальцев и 14 кулачковых шайб, из которых 12 нижних управляются главной рукояткой. Две верхние шайбы могут свободно поворачиваться на валу 15 и приводятся во вращение от вала реверсивной рукоятки.

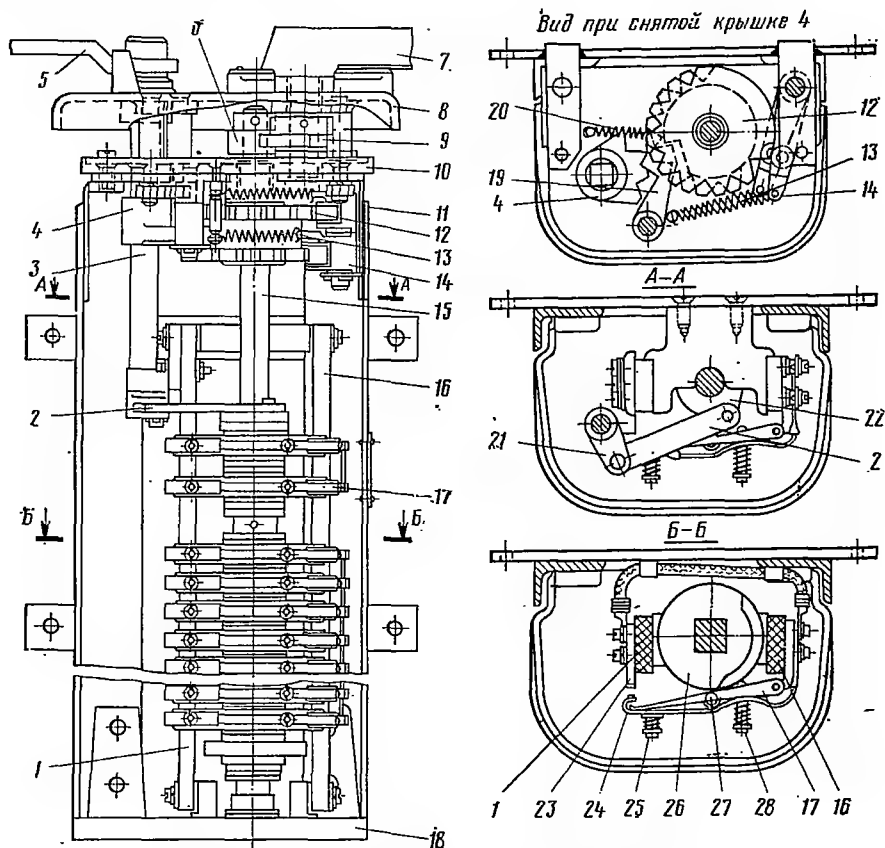


Рис. 84. Контроллер машиниста типа КВ-16А-12:

1, 16 — текстолитовые стойки; 2 — тяга реверсивного барабана; 3, 15 — валы; 4 — храповик реверсивного барабана; 5 — реверсивная рукоятка; 6 — шестерня; 7 — главная рукоятка; 8 и 10 — крышки; 9 — зубчатый сектор; 11 — стенка; 12 — храповик главного барабана; 13, 20, 28, 25 — пружины; 14 — рычаг с роликом; 17 — рычаг пальца; 18 — днище; 19 — фиксатор; 21 и 22 — рычаги; 23 — неподвижный контакт; 24 — контактный палец (подвижный контакт); 26 — кулачковая шайба; 27 — ролик

Для фиксации главного барабана в определенном положении на его валу укреплен храповик 12. В вырезы этого храповика, соответствующие рабочим положениям рукоятки, под действием пружины 13 входят ролики, установленные на рычагах 14. Реверсивный барабан фиксируется храповиком 4, укрепленным на валу 3, и фиксатором 19, прижимаемым к храповику пружиной 20. Фиксатор является одновременно механической блокировкой рукояток контроллера. Если реверсивная рукоятка поставлена в одно из ходовых положений

(«Вперед» или «Назад»), которым соответствует более глубокий вырез в храповике, то фиксатор 19 не мешает повороту главной рукоятки. После установки главной рукоятки в рабочее положение реверсивную рукоятку повернуть нельзя, так как храповик 12 будет мешать перемещению фиксатора 19.

Таким образом, главную рукоятку можно перевести в рабочее положение только тогда, когда реверсивная рукоятка находится в положении «Вперед» или «Назад», а реверсивную рукоятку можно передвинуть только при положении «Холостой ход» главной рукоятки.

Реверсивная рукоятка вставляется в вырезы головки вала 3. Вынуть реверсивную рукоятку можно только тогда, когда она находится в нулевом положении. Вращение от главной рукоятки 7 к валу 15 передается через зубчатую передачу, состоящую из сектора 9 и шестерни 6.

На тепловозе 2ТЭ10Л установлен контроллер типа КВ-1501, имеющий незначительные конструктивные отличия от описанного выше контроллера.

Техническая характеристика контроллера КВ-1501

Тип контактов	Кулачковый элемент
Ток длительный	10 а
Ширина	10 мм
Раствор	6—8 »
Провал	2,5—3,5 »
Нажатие	0,34—0,35 кг
Угол поворота:	
главной рукоятки	115°
главного барабана	230°
реверсивного барабана в обе стороны от нулевого положения	30°
Число кулачковых элементов	14
Число позиций	15

В последнее время главная рукоятка контроллера машиниста заменяется штурвальным колесом.

Кнопочные выключатели, тумблеры

Включение и выключение цепей управления, освещения и цепей вспомогательных электрических машин выполняют кнопочными выключателями (ВК).

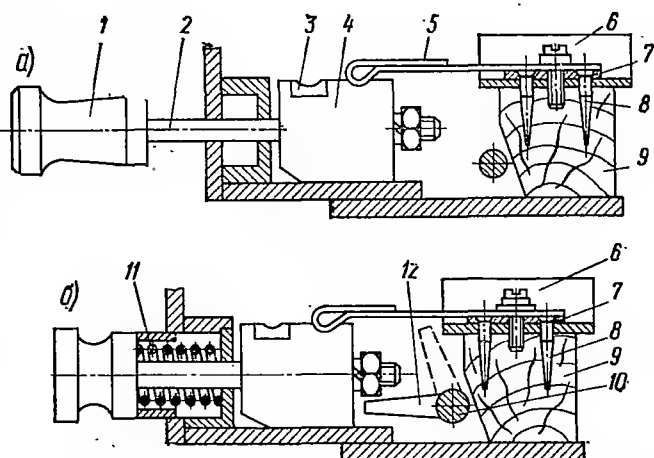
На тепловозах применяются кнопочные выключатели КУ-26А-2 (ТЭ2), ВК-2 (ТЭ3), ВКР-1200 (ТЭ10, ТЭП60), ВК-12А-3 (ТЭМ1, ТЭМ2), имеющие по 12 кнопок, из которых две с самовозвратом для пуска дизеля. Во всех этих выключателях применен один и тот же кнопочный элемент (см. рис. 85).

Каждая кнопка имеет два неподвижных стальных пальца 5, привинченных к деревянной рейке 9, и подвижной фибровый ползун 4, на котором укреплен медная контактная планка 3. Ползун соединен стержнем 2 с пуговкой (головкой) 1 кнопки; он имеет канавку для фиксации кнопки в выключенном положении.

Кнопочные выключатели (за исключением ВКР-1200) снабжены механическим замком, представляющим собой валик 10 с рычагами 12, запирающими часть кнопок. Валик поворачивается рукояткой (ключом), которая надевается на него через отверстия в выключателе. Рукоятка может быть вставлена и вынута только при выключенных и запертых кнопках.

Рис. 85. Кнопки
кнопочного выключателя:

а — без пружинной;
б — с возвращающей
пружинной; 1 — пуговица;
2 — стержень;
3 — контактная планка;
4 — ползун; 5 —
неподвижные пальцы;
6 — изолятор;
7 — стальная планка;
8 — винты; 9 —
деревянная рейка; 10 —
валик; 11 — пружина
возвратная; 12 —
рычаг запорный

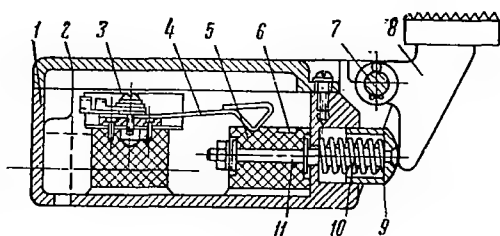


На тепловозах 2ТЭ10Л вместо кнопочного выключателя установлены автоматы типа А-3161 на 15 и 20 а.

Выключатель кнопочный ножной (КН) (педаль песочницы или тифона) типа КН-2А применяется на всех тепловозах. Это выключатель (рис. 86) с двумя пальцами 4 и скользящим контактом 6. Он рассчитан на ток 10 а при напряжении 75 в. Нажатие пальцев 1—2 кг.

Рис. 86. Педаль песочницы или
тифона:

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — изолятор;
4 — пальцы; 5 — ползун;
6 — подвижной контакт; 7 — ось;
8 — рычаг; 9 — стакан; 10 — пружина;
11 — стержень



Разъединитель батарей (ВБ) типа ГВ-22А применяется на всех тепловозах. Он представляет собой двухполюсный рубильник, установленный на изоляционной доске и имеющий дистанционный рычажный привод. Рубильник рассчитан на длительный ток 400 а и номинальное напряжение 75 в.

Выключатель реле заземления (ВРЗ) типа ГВ-27А установлен на тепловозе ТЭЗ. Это трехполюсный рубильник, рассчитанный на длительный ток 80 а и номинальное напряжение 250 в. На

других тепловозах для реле заземления применены отключатели однополюсные типа ГВ-25А с теми же характеристиками.

Отключатели тяговых электродвигателей (ОМ1 ÷ ОМ6). На тепловозах 2ТЭ10Л в качестве отключателей тяговых двигателей применены двухполюсные тумблеры типа ТВ1-2. На тепловозах ТЭЗ, ТЭМ1 и ТЭМ2 используются стандартные универсальные переключатели типа VII-5312/С86, которые имеют набор контактных элементов с общей рукояткой.

При повороте рукоятки переключателя шайбы поворачиваются и замыкают те или другие электрические цепи. Такого же типа переключатель на тепловозе 2ТЭ10Л использован для аварийного отключения дизеля (АР).

Тумблеры УП, ПКР, 44 и другие выключатели типа ТВ-2 и ТВ1-4 применяются в качестве переключателя режимов, для отключения управления переходом на ослабленное поле, управления жалюзи холодильника, муфтой вентилятора, в цепях освещения, для включения цепи дополнительного регулирования и др.

Выключатели (рис. 87) рассчитаны на 220 в и 5 а, неразборные. Так как расстояние от оси 7 до средней части скоса сектора 9 минимальное по отношению к остальным точкам скоса, то ручка 6 при повороте переходит в одно из крайних положений (под действием пружины).

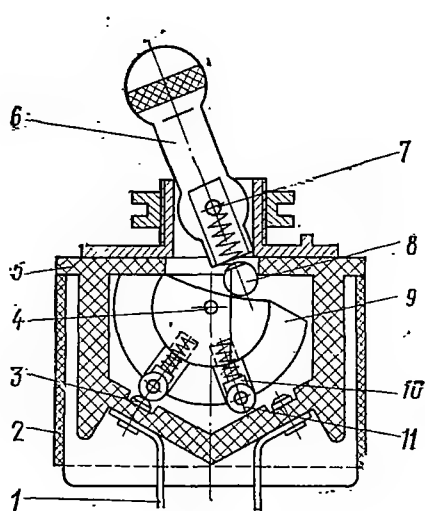


Рис. 87. Выключатель (тумблер) типа ТВ-2:

1 — вывод; 2 — кожух; 3 — контакт неподвижный; 4, 7 — оси; 6 — рамка; 8 — ручка; 9 — шарик; 10 — сектор; 11 — штырек с пружиной; 12 — контактный мостик

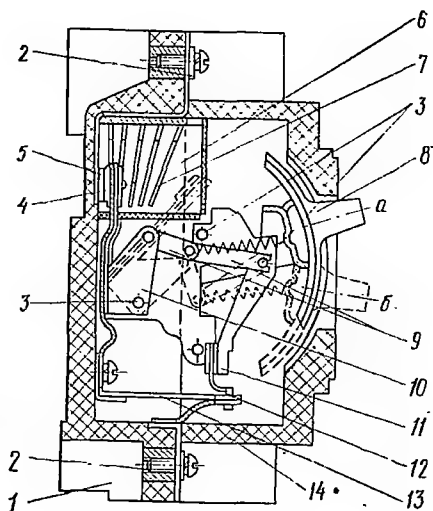


Рис. 88. Автоматический воздушный переключатель А-3161:

а — взведен и включен; б — отключен вручную; 1 — основание; 2 — контактные зажимы; 3 — ось; 4 — подвижной контакт; 5 — неподвижный контакт; 6 — дугогасительная камера; 7 — металлические пластины; 8 — рукоятка; 9 — рычаги переключения; 10 — контактный рычаг; 11 — рычаг взвода; 12 — штырек; 13 — биметаллическая пластина расцепителя; 14 — крышка

поворачивая сектор 9 также в одно из крайних положений. Один из контактных мостиков 11 сходит с пары неподвижных серебряных контактов 3, размыкая их, а второй замыкает другую пару контактов 3.

Автоматический воздушный выключатель А-3161 (рис. 88) используется для защиты цепей управления, освещения и вспомогательных нагрузок от чрезмерно больших токов при перегрузках и коротких замыканиях, а также для подключения и отключения различных цепей.

Выключатель состоит из подвижного 4 и неподвижного 5 контактов, изготовленных из металлокерамического материала на основе серебра. Подвижной контакт гибким соединением связан с тепловым расцепителем, выполненным из инвер-стальной термобиметаллической пластины 13 со штырьком 12, удерживающим рычаг взвода 11. Расцепитель срабатывает при выгибании биметаллической пластины 13 вниз вследствие различного удлинения инвара и стали при нагреве предельно допустимым током.

Выключатель включается только при взведении механизма управления для последующего автоматического отключения при перегрузке. Чтобы взвести механизм, рукоятку управления 8 переводят вниз, чем конец рычага взвода вводится под штырек расцепителя. После этого рукоятку 8 переводят вверх, вследствие чего рычаги 9 перебрасываются вверх, контактный рычаг 10 поворачивается вокруг оси 3 и подвижной контакт замыкается с неподвижным.

Неавтоматическое отключение выключателя осуществляется переводом рукоятки вниз. После автоматического отключения рукоятка занимает среднее положение. Дуга, возникающая при разрыве контактов, гасится в дугогасительной камере 6.

Выключатели А-3161 имеют номинальный ток $I_n = 25$ а, напряжение 110 в (постоянный ток), ток срабатывания теплового расцепителя $1,25 I_n$, но не более $1,35 I_n$ в течение 1 ч.

Реверсор

Реверсор (ПР) служит для изменения направления движения тепловоза путем перемены направления тока в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей. Так как электродвигатели имеют последовательное возбуждение, то контактная система реверсора должна быть рассчитана на большие токи, а изоляция — на максимальное напряжение силовой цепи. Для обеспечения прохождения больших токов необходимо создать большие контактные нажатия и мощный привод.

На тепловозах применена контактная система барабанного или кулачкового типа, а приводы — поршневые и кулачковые. В последнее время поршневой привод для тепловозных реверсоров не выпускается, так как он сложнее в изготовлении и требует большего ухода в эксплуатации.

На тепловозе ТЭЗ применен реверсор барабанного типа (ПР-1М) с диафрагменным пневматическим приводом.

Техническая характеристика реверсора типа ПР-1М

Ток длительный	830 а
Номинальное напряжение	900 в
Рабочий диаметр диафрагмы	160 мм
Рабочее давление	5 кг/см ²
Силовые контакты	
Ширина	19 мм
Провал	2—3 »
Давление	4,5—6,5 кг

Реверсор (рис. 89) состоит из главного и блокировочного барабанов, укрепленных на шестигранном валу 7, силовых 6 и блокировочных 4 контактных пальцев, установленных на стойках 8, пневматического привода 1, включаемого вентилями 2.

Сегменты 5 главного барабана, представляющие собой фигурные латунные отливки, насажены на вал 7, опрессованный изоляцией из

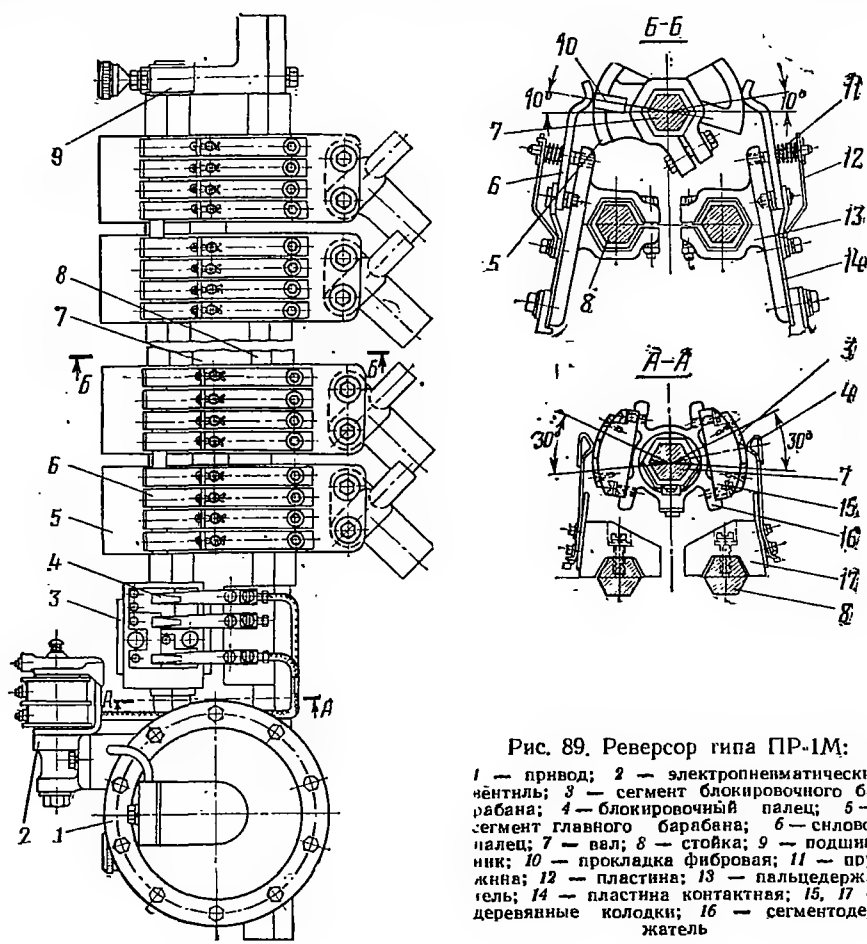


Рис. 89. Реверсор типа ПР-1М:

1 — привод; 2 — электропневматический вентиль; 3 — сегмент блокировочного барабана; 4 — блокировочный палец; 5 — сегмент главного барабана; 6 — силовой палец; 7 — вал; 8 — стойка; 9 — подшипник; 10 — прокладка фибровая; 11 — пружина; 12 — пластина; 13 — пальцедержатель; 14 — пластина контактная; 15, 17 — деревянные колодки; 16 — сегментодержатель

формовочного миканита и асбеста. Сегменты изолированы друг от друга фибровыми прокладками 10. Медные силовые пальцы одним концом опираются на сегменты, а другим — на стальные пальцедержатели 13, укрепленные на шестигранных стойках 8. Нажатие пальцев на сегменты осуществляется пружинами 11.

В цепь каждого тягового двигателя включены четыре силовых пальца, присоединенных параллельно к одной общей контактной пластине 14, к которой подключены кабели. Всего в реверсоре 12 пальцедержателей, на каждом из которых четыре пальца.

Блокировочный барабан состоит из стального литого сегментодержателя 16, укрепленного на валу 7, и деревянных колодок 15, пропитанных льняным маслом и привернутых к сегментодержателю. К колодкам привинчены медные сегменты 3. Блокировочные пальцы 4, изготовленные из рессорной стали, установлены на деревянных колодках 17. На стойках 8 укреплены подшипники 9 вала 7, для поворота которого служит поводок.

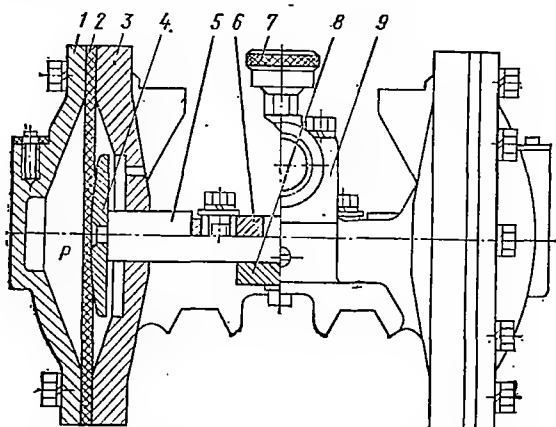


Рис. 90. Диафрагменный привод реверсора типа
ПР-1М:

1 — крышка; 2 — диафрагма; 3 — корпус; 4 — диск;
5 — шток; 6 — пластина; 7 — масленка; 8 — стопор;
9 — подшипник

Диафрагменный привод реверсора (рис. 90) состоит из литого чугунного корпуса 3, зажатых между ним и крышкой резиновых диафрагм 2, штока 5 с укрепленными на его концах дисками 4.

Привод изображен в среднем положении. Полость P между крышкой и диафрагмой соединена трубкой с корпусом электропневматического вентиля. При включенной катушке вентиля сжатый воздух из резервуара подается в полость P , давит на диафрагму и передвигает шток. На штоке укреплена пластина 6 с овальным отверстием, в которое входит поводок. При перемещении шток действует на поводок и поворачивает барабан реверсора на 30° (от одного крайнего положения до другого). Когда цепь катушки вентиля размыкается, сжатый воздух из полости P выходит в атмосферу, но барабан остается в преж-

нем положении. Для поворота его в обратном направлении следует включить другой клапан и впустить сжатый воздух в рабочую полость второй диафрагмы.

На реверсоре установлены клапаны типа ВВ2.

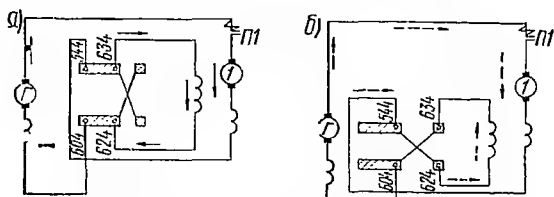


Рис. 91. Схема работы реверсора:

а — положение реверсора при езде «Вперед»; б — положение реверсора при езде «Назад» (стрелки показывают направление тока)

Схема работы реверсора показана на рис. 91, где представлена развертка пары сегментов. Неподвижно укрепленные пальцы изображены кружками. В зависимости от направления поворота вала сегменты соединяют пальцы прямо или крестообразно, что приводит к изменению направления тока в обмотках возбуждения электродвигателей.

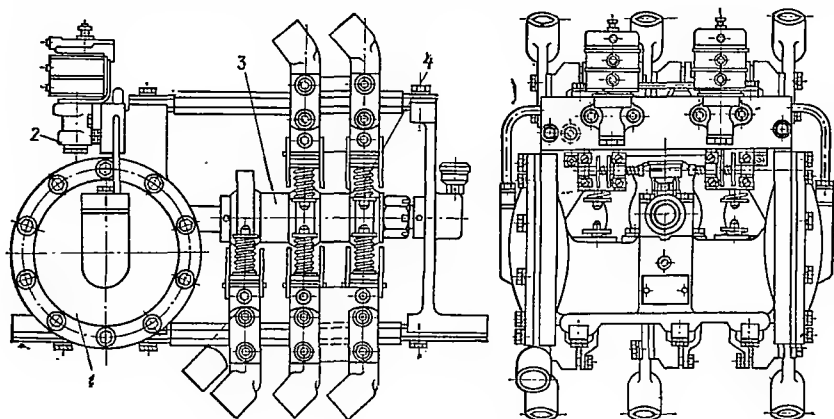


Рис. 92. Реверсор ППК-8601:

1 — привод; 2 — клапан электропневматический; 3 — барабан; 4 — пружина подвижного контакта

Реверсоры включают в цепь обмоток возбуждения, а не в цепь якорей электродвигателей, так как в этом случае напряжение между контактами реверсора меньше, следовательно, и размеры аппарата получаются также меньшими. Реверсором управляют от реверсивной рукоятки контроллера машиниста.

На тепловозах ТЭ1 и ТЭ2 установлены реверсоры типа ПР-758А-1. По конструкции реверсор типа ПР-758А-1 имеет много общего с реверсором ПР-1М, однако имеет менее совершенную систему привода,

представляющего собой двухпоршневой механизм, управляемый двумя включающими электропневматическими вентилями.

Наиболее часто встречающаяся неисправность реверсора барабанного типа — подгар пальцев, возникающий из-за неправильной разбивки силовых и блокировочных контактов и неодинакового нажатия пальцев. Подгар приводит к неравномерному распределению тока между параллельно работающими пальцами и перегреву отдельных пальцев.

На тепловозах ТЭМ2 устанавливают кулачковые реверсоры типа ППК-8200.

На тепловозах ТЭ10, 2ТЭ10Л и ТЭП60 применен в качестве реверсора пневматический кулачковый переключатель типа ППК-8601 (рис. 92). У реверсора кулачкового типа диафрагменный привод 1 с электропневматическими вентилями 2 типа ВВ32. Переключатель имеет два рабочих положения подвижного барабана 3, представляющего собой вал с надетыми на него кулачками.

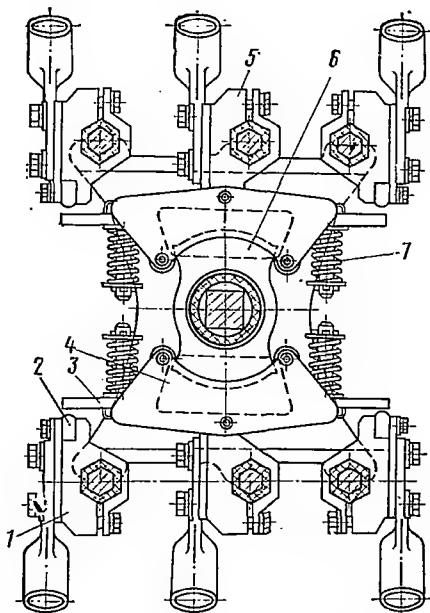


Рис. 93. Контактный механизм реверсора:

1 — контактодержатель неподвижного контакта; 2 — неподвижный контакт; 3 — подвижной контакт; 4 — рычаг; 5 — контактодержатель подвижного контакта; 6 — кулачок; 7 — пружина подвижного контакта

Техническая характеристика реверсора ППК-8601

Число пар контактов	24
Ток длительный	850 а
Напряжение максимальное	900 в
Рабочий диаметр диафрагмы	210 мм

Силовые контакты

Ширина	35 мм
Провал	3—5 »
Нажатие	25—30 кг.
Раствор	Не менее 10 мм
Число блокировочных контактов (мостиков)	4

Устройство контактного механизма реверсора показано на рис. 93. При повороте вал через кулачок 6 приводит в движение контактный элемент с рычагом 4, поворачивающимся вокруг оси, установленной на контактодержателе 5. Последний в свою очередь укреплен на изолированной стойке и имеет вывод двух подвижных контактов 3.

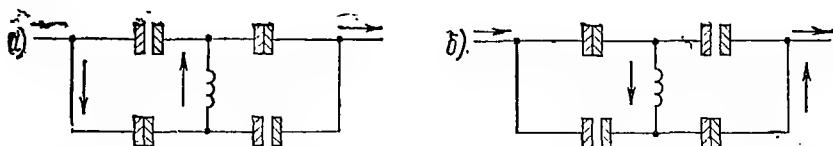


Рис. 94. Схема работы кулачкового элемента реверсора:

а — положение реверсора «Вперед»; б — положение реверсора «Назад» (стрелки показывают направление тока)

установленных на рычаге. Неподвижный контакт 2 также крепится на контактодержателе 1.

Схема работы кулачкового элемента реверсора показана на рис. 94.

Контакторы

Контакторы — это аппараты с дистанционным управлением, служащие для повторного замыкания и размыкания (под током) электрических цепей, по которым протекают большие токи или которые обладают значительной индуктивностью.

На тепловозах применяют контакторы с *электропневматическим* (при токах 750—850 а) и *электромагнитным* приводом (400 а). В силовых цепях устанавливают электропневматические контакторы, так как они обеспечивают достаточное нажатие и надежный контакт.

Контакторы снабжаются блокировочными контактами (блокировками): *размыкающими* и *замыкающими*. Размыкающая блокировка замкнута, когда катушка контактора обесточена; замыкающая блокировка замкнута при включенном контакторе.

На тепловозах для подсоединения тяговых электродвигателей к главному генератору применяются электропневматические (П1 — П6) поездные контакторы типа ПК-753Б-1, ПК-754 (тепловозы 2ТЭ10Л, ТЭ10, ТЭП69, ТЭЗ и др.) и ПК-821 (ТЭМ2). Эти контакторы отличаются друг от друга в основном параметрами.

Устройство контактора показано на рис. 95. Основными частями контактора являются неподвижный контакт 5 и подвижной контакт 6, воздушный цилиндр 14, электропневматический (электромагнитный) вентиль 16, дугогасительная катушка 3, дугогасительная камера 4 и блокировочные пальцы 11.

Контактор включается при поступлении сжатого воздуха в цилиндр, поршень которого штоком 12 и рычагом 9 связан с подвижным контактом. Управляет работой контактора электропневматический вентиль, впускающий и выпускающий сжатый воздух из цилиндра. Форма контактов такова, что при замыкании первоначально сходятся их передние концы, затем подвижной контакт перекачивается по неподвижному до прилегания задних частей. Таким образом, при замыкании происходит относительное скольжение контактных поверхностей под давлением, создаваемым пружиной 7. Во время размыкания происходит обратное перекачивание и последними размыкаются передние концы контактов.

Последовательность положений контактов при замыкании показаны на рис. 96. При такой работе контактов уменьшается их износ, предотвращается приваривание и сохраняется рабочая часть контактов, так как обгорают главным образом передняя часть. Контакты изготовлены из твердотянутой меди и в случае износа могут быть легко заменены.

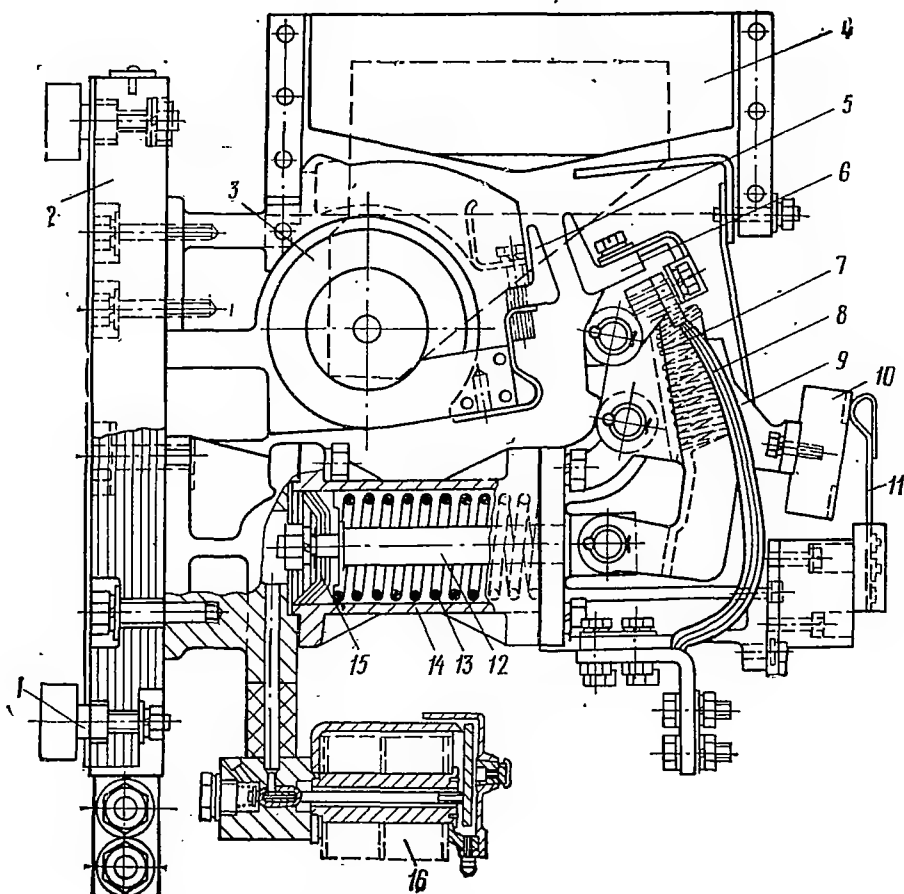


Рис. 95. Электропневматический контактор типа МК-753В-I:

1 — изолированный болт; 2 — панель; 3 — дугогасительная катушка; 4 — дугогасительная камера; 5 — неподвижный контакт; 6 — подвижной контакт; 7 — притирочная пружина; 8 — медный шунт; 9 — рычаг; 10 — колодка блокировочного устройства; 11 — блокировочные пальцы; 12 — шток; 13 — пружина; 14 — воздушный цилиндр; 15 — поршень; 16 — электромагнитный вентиль

Контактор снабжен дугогасительным устройством, которое состоит из катушки 3 (см. рис. 95), создающей магнитный поток для выдувания дуги, дугогасительных рогов, которые растягивают эту дугу, и дугогасительной камеры, защищающей металлические и токоведущие части контактора от обгорания. Кроме того, на контакторе установ-

лены блокировочные пальцы 11, которые позволяют осуществлять требуемые зависимости в работе схемы.

Контактор смонтирован на панели 2; к каркасу высоковольтной камеры он крепится изолированными болтами 1.

Техническая характеристика ПК-753Б-1

Нажатие контактов (конечное) при давлении воздуха 5 кг/см^2	55—63 кг
Раствор контактов	14,5—16,5 мм
Провал	13—15 »
Ширина контактов	45 »
Номинальный ток	830 а
Максимальное напряжение	900 в

Контактор ПК-754 отличается от контактора ПК-753Б меньшим габаритом, который достигнут за счет уменьшения размеров литого основания пневматического привода.

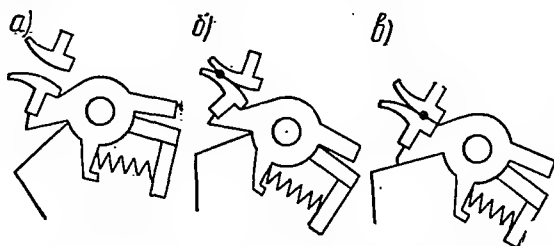


Рис. 96. Положение контактов при замыкании:
а — положение перед замыканием; б — момент замыкания; в — рабочее положение

На перечисленных контакторах применяется электропневматический вентиль типа ВВЗ.

На тепловозах ТЭ1 и ТЭ2 установлены электропневматические контакторы типа ПК-753А-1. От контактора тепловоза ТЭЗ они отличаются тем, что ширина силовых контактов (35 мм) меньше, чем у контактора тепловоза ТЭЗ; соответственно этому его длительный ток составляет 750 а .

Основным недостатком контакторов типов ПК-753 и ПК-754 является утечка воздуха из цилиндра привода из-за неплотности кожаной манжеты. Это приводит к уменьшению нажатия контакторов и их подгару. При эксплуатации следует наблюдать за работой привода и своевременно прожировать манжеты.

На тепловозах 2ТЭ10Л устанавливают контакторы типа ПК-753Б-6, у которых вместо кожаных манжет в пневматическом приводе используются резиновые, показавшие более надежную работу. Для смазки резиновых манжет применяется смазка ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433—60).

Для повышения срока службы дугогасительной камеры в асбестоцементных стенках помещены ситалловые вставки. Кроме того, усилено крепление силовых контактов и дугогасительной катушки.

Групповой пневматический контактор типа ПКГ-560 (ВШ1 — ВШ2) применяется для шунтирования обмоток возбуждения тяговых электродвигателей на тепловозах 2ТЭ10Л и др., имеющих большое число параллельных цепей.

Этот контактор имеет диафрагменный привод, управляемый электропневматическим вентилем типа ВВЗ. Шток 12 привода (рис. 97) соединен с колодками 2, на которых укреплены подвижные контакты мостикового типа. Неподвижные контакты 5 также укреплены на колодках, прикрепленных к уголкам 3. Неподвижные и подвижные контакты выполнены из металлокерамики СОК-15. Движение вверх контактного мостика ограничивается скобой 8, а нажатие контактов осуществляется пружинами 7. Контакты расположены в два ряда.

Размыкание контактов происходит под действием силы тяжести подвижных частей и отключающих пружин 4, которые ускоряют отключение контактов. Блокировочные контакты мостикового типа. Металлокерамические контакты допускают нагрев до 125° С (медные до 115° С) и выполнены без дугогасительного устройства. Исполнение контактного устройства без дугогашения в цепях шунтирующих сопротивлений возможно из-за небольшого падения напряжения (до 20 в).

Техническая характеристика контакторов типа ПКГ-560

Число силовых контактов	6
Ток номинальный	450 а
Напряжение рабочее	20 в

Электромагнитные контакторы различных конструкций установлены на ряде тепловозов (табл. 12).

Таблица 12

Цепь, в которой установлен контактор	Тип контактора на тепловозе				
	ТЭЗ	ТЭМ1	ТЭМ2	2ТЭ10Л, ТЭ10	ТЭП60
Ослабление поля . . .	КПД-45Б-1	КПД-45Б-1	ТКПД-114В	—	—
Пуск дизеля .	КПВ-504	КПВ-504	КПВ-604	КПВ-604	КПВ-604
Возбуждение при пуске дизеля	—	—	—	КТПВ-522, КПВ-502	КПВ-502
Возбуждение главного генератора .	КПМ-220А-10	КПМ-220А-10	КПМ-111	КПМ-121	КПВ-504
Возбуждение возбуждителя	КПМ-220В-10	КПМ-220А-10	КПМ-111	КПМ-111	ТКПМ-111
Заряд батарей .	КПМ-220В-10	КПМ-220В-10	КПМ-111	КПМ-121	КПВ-503
Цепь электро-двигателя маслопрокачивающего насоса . .	КПМ-220В-10	—	—	КПМ-111	КПВ-502

В электромагнитных контакторах привод выполнен в виде электромагнита с подвижным якорем. При протекании тока по катушке электромагнита якорь под действием магнитного поля, создаваемого катушкой, притягивается к сердечнику, вследствие чего подвижной контакт прижимается к неподвижному.

Электромагнитный контактор типа КПД-45Б-1 представлен на рис. 98. При прохождении тока по катушке электромагнита 1 якорь 11 притягивается (поворачиваясь на оси 10) и замыкает подвижной контакт 3 с неподвижным 4. Притирание контактов обеспечивает пружина 2. При выключении тока в катушке якорь под действием собственного веса отпадает и силовые контакты размыкаются.

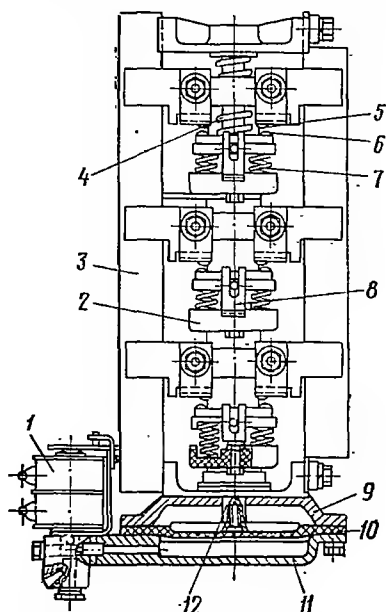


Рис. 97. Групповой контактор ПКГ-560:

1 — электропневматический вентиль; 2 — колодки; 3 — уголок; 4 — отключающая пружина; 5 — неподвижный контакт; 6 — подвижной контакт; 7 — контактная пружина; 8 — скоба; 9 — корпус привода; 10 — диафрагма; 11 — крышка; 12 — шток

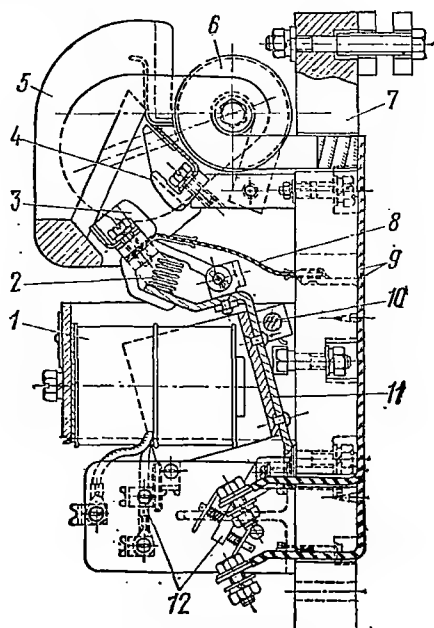


Рис. 98. Электромагнитный контактор типа КПД-45Б-1:

1 — электромагнит; 2 — притирочная пружина; 3 — подвижной контакт; 4 — неподвижный контакт; 5 — дугогасительная камера; 6 — дугогасительная катушка; 7 — панель; 8 — шунт медный; 9 — шины; 10 — ось; 11 — якорь; 12 — блокировочное устройство

Силовые контакты контакторов выполняют с серебряными вставками для уменьшения переходного сопротивления.

Контактор предназначен для работы в цепях с большими токами, поэтому он имеет развитую контактную систему и привод закрытого типа.

Привод контактора состоит из П-образной скобы, к верхней полке которой прикреплена катушка с сердечником. Закрытый привод уменьшает магнитное рассеяние, а следовательно, обеспечивает большое тя-

говое усилие якоря и большое нажатие контактов. Блокировочные устройства мостикового типа.

Электромагнитный контактор типа ТКПМ-11 (рис. 99) смонтирован на планке 13. При прохождении тока по катушке 12 якорь 9 притягивается (поворачиваясь на ребре), преодолевая усилие пружины 10 и замыкая неподвижный контакт 6 с подвижным 7. Контактор снабжен дугогасительной катушкой 2 и камерой 8. Для обеспечения надежного контакта между силовыми контактами контактора во время его включения пружиной 11 создается притирающий ход. Металлокерамические накладки силовых контактов в эксплуатации протирают, а при обгорании зачищают замшей.

Контакторы КПВ-500, КП-504 и КПВ-604 имеют общепромышленное применение; их устанавливают на тепловозах с катушкой, рассчитанной на напряжение 75 в (или 48 в в цепях пуска).

На рис. 100 представлен контактор КП-504, у которого все узлы смонтированы на П-образной стальной скобе, служащей также ярмом

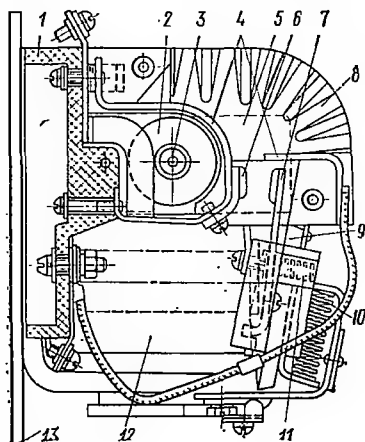


Рис. 99. Электромагнитный контактор типа ТКПМ-11:

1 — основание изоляционное; 2 — дугогасительная катушка; 3 — сердечник; 4 — дугогасительные рога; 5 — полюс; 6 — неподвижный контакт; 7 — подвижной контакт; 8 — дугогасительная камера; 9 — якорь; 10 — пружина; 11 — притирающая пружина; 12 — катушка с сердечником; 13 — планка

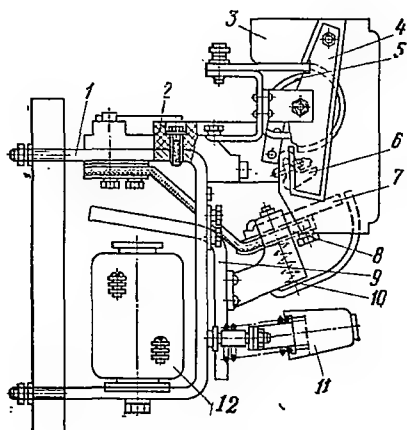


Рис. 100. Контактор КП-504:

1 — ярмо; 2 — изоляционная колодка; 3 — дугогасительная камера; 4 — полюс; 5 — дугогасительная катушка; 6 — неподвижный контакт; 7 — подвижной контакт; 8 — гибкое соединение; 9 — якорь; 10 — контактная пружина; 11 — блокирующий контакт; 12 — катушка

магнитопровода. Якорь поворачивается на ребре в окне П-образной скобы. Силовые контакты медные, неподвижный с криволинейной поверхностью, подвижной — плоский. Блокировочные контакты серебряные.

Технические характеристики электромагнитных контакторов приведены в табл. 13. Наиболее распространенная неисправность электромагнитных контакторов (особенно контакторов типа КПМ-220) — подгар контактов.

Наименование параметров	Тип контактора						
	КПД 45Б-1	КПВ-604	КПМ-220	КПВ-504	КПВ-503	ТКПМ-111	КПМ-121
Ток длительный, а	400	250	80	300	150	80	120
Раствор, мм	17—18	20	8—10	15	13	8	14
Провал, мм	5,5	4	5—7	4,2	3,3	4	4
Нажатие конечное, кГ	7,3	6	1,6	7	3,3	0,7	0,7

Обгоревшие силовые контакты зачищают бархатным напильником. Применять для этого стеклянную или наждачную бумагу нельзя, так как она оставляет абразивные зерна на контактной поверхности, что в значительной степени увеличивает переходное сопротивление. Последнее может привести к увеличенному нагреву контактов и пригоранию их.

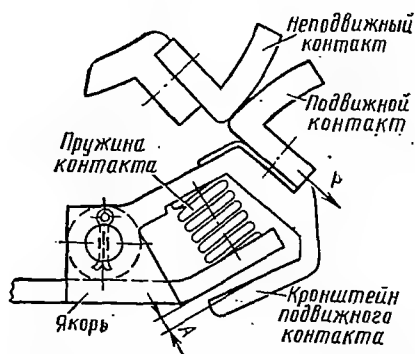


Рис. 101. Измерение нажатия на контакты и провала

После зачистки контактов необходимо следить, чтобы соприкосновение между ними было линейным и занимало не менее 75% ширины контакта. Изношенные на половину толщины контакты заменяют новыми, при этом меняют сразу оба контакта — подвижной и неподвижный.

Дугогасительные камеры снимают и продувают сухим сжатым воздухом давлением до 4 кг/см^2 . Стенки их очищают от копоти и медных брызг напильником и стеклянным полотном, наведенным на дощечку.

При осмотре электропневматических контакторов необходимо убедиться в отсутствии утечки воздуха. Во время ремонта должна производиться прожировка и, если требуется, замена манжет, осей и втулок, имеющих чрезмерный износ, проверка раствора, нажатия и провала контактов.

Величина нажатия контактов играет очень важную роль в работе контактора. В эксплуатации чаще всего измеряют конечное нажатие контактов. Для этого к крючку динамометра привязывают петлю из прочной нити или проволоки, а на подвижной контакт по линии конечного соприкосновения набрасывают второй конец петли и оттягивают динамометром в направлении P . Между контактами вставляют бумажную полоску (рис. 101). Усилие, измеренное в момент, когда бумажная полоска может быть сдвинута, есть конечное контактное давление.

При измерении нажатия направление натяжения нити должно быть перпендикулярным плоскости касания контактов.

Если контактор был разобран, то после его сборки проверяют раствор и провал контактов. Размер A дает величину притирания контактов, а раствор их измеряется в разомкнутом состоянии между линиями конечного соприкосновения. Раствор измеряют шаблонами или непосредственно линейкой, нутромером, штангенциркулем. Контакты заменяются, если зазор A уменьшается до $\frac{1}{5}$ номинального его значения.

Контакты при включении должны точно совпадать и плавно перекатываться. Подгонку контактов можно проверять копировальной бумагой, проложенной между контактами. Если прилегание контактов меньше 75% поверхности, нужно контакты шлифовать бархатным напильником и при необходимости устранить перекося.

Электропневматические вентили

Управление впуском сжатого воздуха в пневматический цилиндр привода и выпуском этого воздуха в атмосферу осуществляется электропневматическими вентилями. Вентили устанавливают на приводах реверсора (ПР) и электропневматических контакторов (П1 — П6) и др.

На рис. 102 представлен электропневматический вентиль типа ВВ32, магнитная система которого состоит из скобы, плунжера 3 и упора 6. Направляющая гильза 2 выполнена из немагнитного материала. При возбуждении катушки 4 плунжер 3 притягивается к упору 6, преодолевая сопротивление восстановительной пружины 8. При этом клапан 7 открывает нижнее отверстие, по которому в цилиндр поступает из воздушного резервуара сжатый воздух. Стержень 5 закрывает верхнее отверстие для выхода воздуха из цилиндра аппарата в атмосферу.

Вентиль снабжен кнопкой для ручной проверки его работы. Катушка вентиля залита эпоксидным компаундом, который образует вокруг обмотки твердый слой, являющийся одновременно и изоляцией и каркасом. Заливка катушки компаундом упрощает ее изготовление и повышает надежность, но ремонтировать ее нельзя.

Техническая характеристика вентиля тепловозов приведена в табл. 14.

Таблица 14

Наименование параметров	Вентиль типа		
	ВВ1	ВВ32	ВВ3
Номинальное давление, кг/см^2	5	5	5
Ход клапана, мм	$0,9 \pm 0,05$	$1 \pm 0,05$	$1,3 \pm 0,05$
Сечение воздушных отверстий, мм^2 :			
впускного	6	8	8
выпускного	6	14	19
Сопротивление катушки при 20° С, ом	790	275	98
Диаметр провода (голого), мм	0,18	0,25	0,38
Число витков	12 000	6 500	3 400
Марка провода	ПЭЛ	ПЭЛ	ПЭЛ

Вентили типа ВВ1 установлены на электропневматическом механизме привода регулятора числа оборотов дизеля, на ускорителе пуска дизеля и отключателе ряда топливных насосов. Вентили типа ВВ2 и ВВ32 установлены на реверсоре, а вентили ВВ3 применены в механизме привода жалюзи, на клапане муфты вентилятора холодильника, на электропневматическом контакторе и клапанах песочницы.

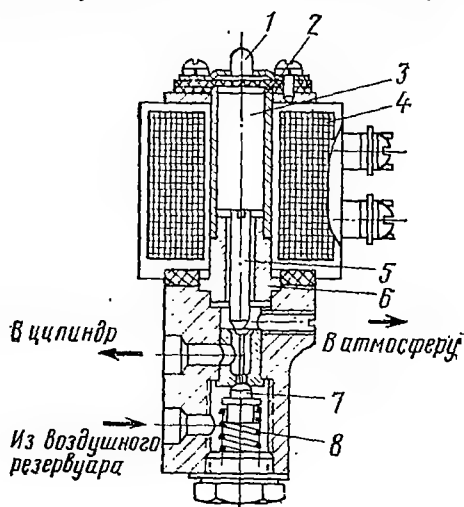


Рис. 102. Электропневматический вентиль ВВ32:

1 — кнопка; 2 — гильза; 3 — плунжер;
4 — катушка; 5 — стержень; 6 — упор;
7 — клапан; 8 — пружина

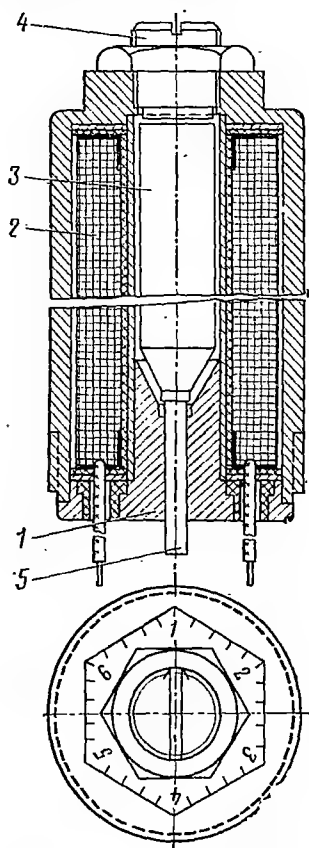


Рис. 103. Тяговый электромагнит ЭТ-52:

1 — сердечник; 2 — катушка; 3 — якорь;
4 — винт; 5 — шток

Вентили отличаются друг от друга размерами клапанной системы и параметрами катушки. В последнее время вентили ВВ2 на тепловозы не ставят, их заменяют вентилями ВВ32.

На тепловозах 2ТЭ10Л, ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗЛ и др. привод регулятора числа оборотов осуществляется электромагнитами типа ЭТ-52 (МР-1 — МР-4).

Тяговый электромагнит ЭТ-52 (рис. 103) закрытого типа. При прохождении тока по катушке 2 якорь 3 притягивается к сердечнику 1 и перемещает шток 5. Регулировка хода осуществляется винтом 4, наибольший ход равен 2,5 мм. Ток срабатывания 0,12 а.

Электропневматический механизм регулятора числа оборотов дизеля и узел, регу-

необходимо догрузить. При увеличении скорости вала дизеля шток 6 силового поршня пойдет вниз и передвинет шток 2 золотника вниз. В результате масло компенсационных цилиндров из канала *a* пойдет по каналу *b* в цилиндр 4 сервомотора СОРМ и передвинет движок релостата влево, что увеличит мощность генератора. Если внешняя нагрузка дизеля увеличится, то таким же путем механизм уменьшит нагрузку дизеля.

При изменении положения контроллера в сторону увеличения оборотов, а следовательно, и мощности дизеля левый конец рычага 3 опустится и процесс регулирования будет аналогичен вышеописанному.

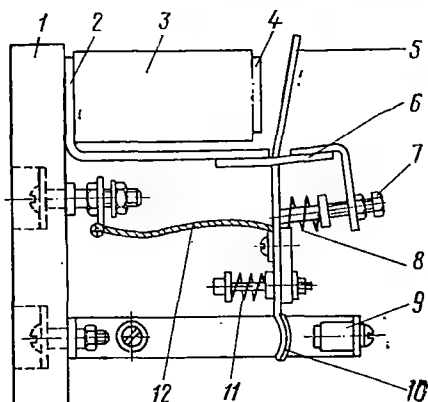


Рис. 105. Реле управления:

1 — панель; 2 — основание; 3 — катушка; 4 — сердечник; 5 — якорь; 6 — кронштейн; 7 — регулировочный винт; 8, 11 — пружины; 9 — неподвижный контакт; 10 — подвижной контактный контакт; 12 — шунт медный

Реле управления

Реле управления предназначены для включения и выключения отдельных цепей управления и регулировки (РУ1, РУ2 — РУ8, РУ9).

На тепловозах применяют реле управления типа Р-45М. Имеются различные модификации этого реле в зависимости от

числа и типа контактов. Реле исполняют с двумя видами контактов — пальцевыми и мостиковыми.

Якорь 5 (рис. 105) реле свободно качается на кронштейне 6. Когда катушка 3 обесточена, пружина 8 отжимает якорь от сердечника 4, при этом контакты размыкаются. Когда катушку обтекает ток, якорь притягивается к сердечнику, преодолевая сопротивление пружины, при этом контакты реле замыкаются.

Техническая характеристика реле Р-45М

Контакты пальцевого типа

Длительный ток	10 а
Раствор	7,5 мм
Провал	3 »
Нажатие	0,27—0,33 кг.

Контакты мостикового типа

Длительный ток	2 а
Раствор	4—6 мм
Провал	2—3 »
Нажатие	0,011—0,013 кг.

Катушка

Номинальное напряжение	75 в
Марка и диаметр провода	ПЭЛ, 0,29 мм
Число витков	7 200
Сопротивление при 20° С	220 ом

Реле регулируют на необходимую величину тока срабатывания изменением затяжки пружины.

К основным неисправностям реле относится подгар и неплотное прилегание мостиковых контактов.

В настоящее время на тепловозах начинают применять вместо описанных реле управления электромагнитные реле постоянного тока типа РМ-4 многократного действия, выполненные на штепсельных разъемах. Реле имеет четыре размыкающих и четыре замыкающих контакта, рассчитанных на 110 в и 0,6 а. Катушка реле рассчитана на напряжение 24—110 в, реле имеет габаритные размеры 90 × 64 × 40 мм и вес 350 г.

Реле перехода

Реле перехода (РП1, РП2) предназначено для автоматического изменения схемы соединения тяговых электродвигателей, а также включения и выключения контакторов ослабления поля в зависимости от скорости движения тепловоза. На тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭМ1 применены реле перехода типа Р-42Б-1 (рис. 106 а).

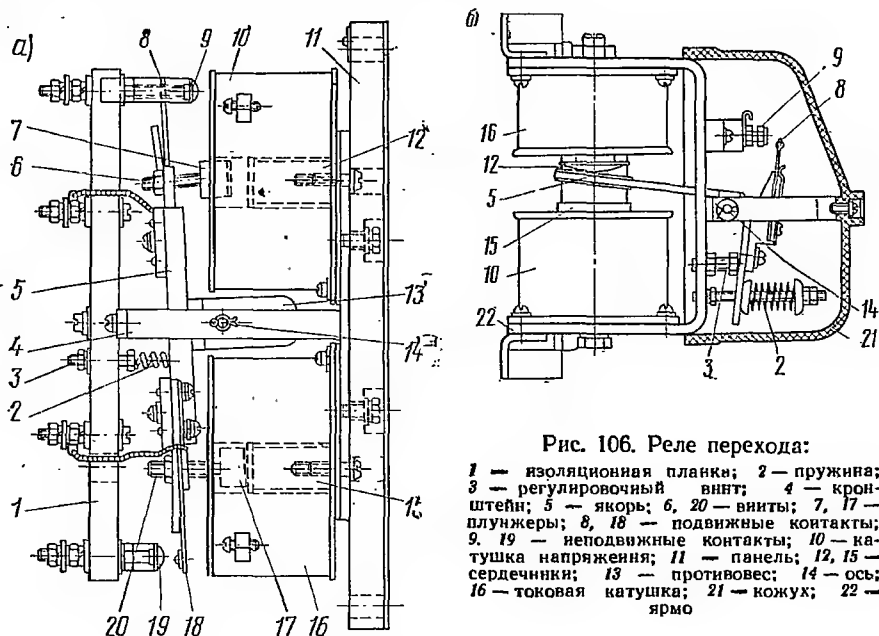


Рис. 106. Реле перехода:

- 1 — изоляционная планка; 2 — пружина;
3 — регулировочный винт; 4 — кронштейн; 5 — якорь; 6, 20 — винты; 7, 17 —
плунжеры; 8, 18 — подвижные контакты;
9, 19 — неподвижные контакты; 10 —
катушка напряжения; 11 — панель; 12, 15 —
сердечники; 13 — противовес; 14 — ось;
16 — токовая катушка; 21 — кожух; 22 —
ядро

Устройство. Реле имеет две катушки — верхнюю напряжением 10 и нижнюю токовую 16 с короткими сердечниками 12, 15.

Катушки и сердечники укреплены на основании, служащем магнитопроводом, которое в свою очередь прикреплено к панели 11. Между катушками реле к основанию приварен кронштейн 4, являющийся

опорой для якоря 5 и изоляционной планки 1. Якорь 5 с противовесом 13 качается на оси 14, проходящей через кронштейн. К концам якоря винтами 6, 20 привернуты два плунжера 7, 17, которые входят внутрь катушек. Для облегчения отпадания якоря реле плунжеры имеют латунные наплавки.

Подвижные контакты 8 и 18 расположены на плоских пружинах, укрепленных на концах якоря, и могут замыкаться с неподвижными контактами 9 и 19, которые установлены на изоляционной планке. При обесточенных катушках пружина 2 прижимает якорь, а следовательно, и плунжер к сердечнику токовой катушки.

На тепловозах ТЭЗ, ТЭМ2, ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л применены реле типа Р-42Б-3, конструктивно отличающиеся от реле Р-42Б-1 только установкой на изоляционной планке 15 конденсаторов, служащих для уменьшения подгара контактов.

В последнее время на тепловозах взамен реле Р-42Б-3 устанавливают электромагнитные дифференциальные реле РД-3010 (см. рис. 106, б), обеспечивающие более стабильную работу и имеющие меньшие габариты и вес.

На яре реле П-образной формы 22 укреплены катушки с сердечниками—токовая 16 и напряжения 10. Якорь 5 Г-образной формы поворачивается на оси 14. При обесточенных катушках якорь прижимается пружинкой 2 к упорному винту 3. Неподвижные контакты 9 реле установлены на изоляционной колодке, а подвижные 8 — на якоре. Регулировка раствора контактов производится перемещением неподвижных контактов, а совпадения центров замыкающихся поверхностей регулируются перемещением подвижных контактов на контактодержателе. Контактная система закрывается кожухом 21 и пломбируется. Принцип действия обоих реле аналогичен.

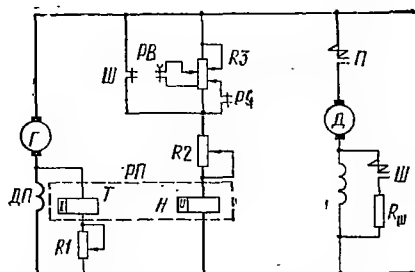
Техническая характеристика реле перехода Р-42Б-3

Раствор контактов	1,5—3 мм
Число витков катушки:	
токовой	640
напряжения	12 000
Марка и диаметр провода катушки:	
токовой	ПЭЛ 1,25 мм
напряжения	ПЭЛ 0,29 »
Сопротивление при 20° С катушки:	
токовой	1,56 ом
напряжения	552 »

П р и н ц и п д е й с т в и я. Реле перехода имеет катушку напряжения H , которая через добавочные сопротивления включается на напряжение главного генератора, так что ток в ней пропорционален напряжению главного генератора, и токовую катушку T , которая последовательно с добавочным сопротивлением подключается параллельно обмотке дополнительных полюсов генератора, т. е. ток в ней пропорционален току главного генератора (рис. 107).

Рис. 107. Принципиальная схема включения реле перехода (РП) для управления ослаблением поля:

Γ — генератор; Δ — электродвигатель; $\Delta\Pi$ — обмотка дополнительных полюсов генератора; T — токовая катушка реле перехода; H — катушка напряжения реле перехода; $PВ$ — контакты реле времени; $PУ$ — контакт реле управления; $Ш$ — контакты контактора ослабления поля; $R_{ш}$ — сопротивление ослабления поля; $R1$ — $R2$ — добавочные сопротивления



Поток, создаваемый токовой катушкой, противодействует потоку катушки напряжения, что увеличивает ток, требуемый для включения реле.

Катушка напряжения при возрастании тока в ней (напряжения генератора) вызывает срабатывание реле, а токовая катушка при возрастании тока в ней (тока главного генератора) вызывает отпадание реле. Благодаря этому характеристики реле перехода имеют вид, показанный на рис. 108. На этом рисунке характеристики реле нанесены на внешние характеристики главного генератора, поскольку срабатывание и отпадание реле происходят в зависимости от относительной величины напряжения и тока генератора.

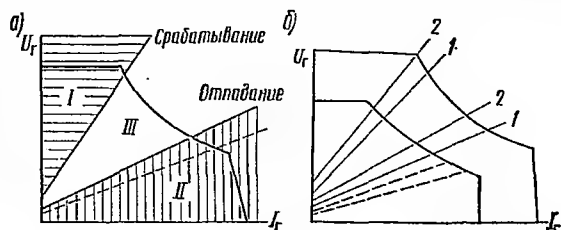
Верхняя характеристика является характеристикой срабатывания, т. е. в любой ее точке реле срабатывает и остается включенным до тех пор, пока не будет достигнута нижняя характеристика — отпадания. Таким образом, в зоне *I* реле всегда включено, в зоне *II* реле всегда выключено, а в зоне *III*, расположенной между характеристиками, реле может быть и включено, и выключено в зависимости от того, в какой зоне (*I* или *II*) на внешней характеристике работала электропередача до этого. Как видно из рисунка, срабатывание реле (включение ослабления поля, переключение электродвигателей) происходит тогда, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. В результате включения ослабления поля (переключения двигателей) ток генератора скачком увеличивается вдоль гиперболической характеристики.

Схема должна быть настроена так, чтобы при возрастании тока не была достигнута характеристика отпадания. В противном случае реле вновь отпадает, что приведет к обратному уменьшению тока до исходного значения и вызовет повторное срабатывание реле и т. д.

Возникает так называемый звонковой режим, когда реле перехода и управляемые им контакторы включаются и выключаются с большой

Рис. 108. Характеристики реле перехода:

U_T — напряжение генератора; I_T — ток генератора; *I* — срабатывание и отпадание реле при *I* ступени ослабления поля; *2* — то же при *II* ступени ослабления поля



частотой. Этот режим является недопустимым, поскольку нарушается нормальная работа электропередачи и обгорают контакты реле перехода и управляемых им контакторов. Наклонные характеристики реле перехода позволяют удобно управлять переходом не только при крайнем положении рукоятки контроллера машиниста, но и на целой группе низших позиций. Однако на низших позициях опасность возникновения звонковой работы возрастает, поскольку интервал между характеристиками срабатывания и отпадания реле уменьшается. Чтобы избежать звонковой работы, обычно применяют на низших позициях сдвиг характеристики отпадания реле в новое положение, показанное пунктиром на рис. 108, а и б. Кроме того, встречаются случаи, когда звонковая работа возникает из-за того, что при включении ослабления поля или переключении электродвигателей ток в переходном процессе возрастает больше, чем это определяется по параметрам электрической цепи, т. е. происходит «заброс» тока. В процессе заброса реле может отпасть, что приведет к звонковой работе. Это явление наблюдается не только на низших позициях, но и при крайнем положении рукоятки контроллера машиниста. Чтобы избежать возникновения звонковой работы, требуется временно отодвинуть характеристику отпадания реле перехода на период заброса тока генератора.

Регулирование реле перехода, управляющего ослаблением поля на тепловозе, производится с помощью сопротивлений в цепи токовой катушки $R1$ и в цепи катушки напряжения $R2 + R3$ (см. рис. 107). Сопротивление $R2$ называется сопротивлением срабатывания; когда реле и контактор $Ш$ выключены, сопротивление $R3$ закорочено блокировочным контактом контактора $Ш$. Величина сопротивления $R2$ определяет положение характеристики срабатывания реле перехода.

После включения ступени ослабления поля в цепи катушки напряжения оказывается введенным полное сопротивление $R2 + R3$; сопротивление $R3$ называется сопротивлением отпадания; регулируя его, определяют положение характеристики отпадания, не изменяя положения характеристики срабатывания. На низших позициях часть сопротивления отпадания закорачивается контактом реле $ПУ$.

Благодаря этому на низших позициях характеристика отпадания оказывается отодвинутой (см. рис. 108, б).

Если необходимо отодвинуть характеристику отпадания временно в случае заброса тока при включении ослабления поля, часть сопротивления $R3$ закорачивается контактом реле времени $РВ$ (например, в схеме тепловозов ТЭ2 и ТЭ1). Это реле получает питание одновременно с контактором ослабления поля III ; после того как реле включится с выдержкой времени, зашунтированная его контактом часть сопротивления $R3$ вводится вновь и характеристика отпадания возвращается в нормальное положение, которое определяет точку отпадания реле на данной позиции контроллера машиниста.

На тепловозе ТЭ3 устанавливают два реле перехода, которые управляют включением и отключением первой и второй ступени ослабления поля ($ОП1$ и $ОП2$). Характеристику первого и второго реле настраивают таким образом, чтобы они были несколько сдвинуты одна относительно другой (см. рис. 108, б). Благодаря этому вначале срабаты-

вает реле первой ступени; реле второй ступени включается после того, как напряжение генератора вновь поднимается по гиперболической характеристике при разгоне тепловоза с поездом. Аналогично первым отпадает реле второй ступени, реле первой ступени отпадает после того, как напряжение генератора вновь понизится по гиперболической характеристике при замедлении тепловоза с поездом.

На стенде *регулировку* реле переходов проверяют двумя амперметрами, которыми фиксируют токи в катушках в момент включения и выключения реле.

Зазор между контактами должен быть в допустимых пределах. Зазор изменяют перемещением неподвижных контактов 9 и 19 (см. рис. 106)

В небольших пределах токи включения и выключения могут быть изменены поворотом регулировочного винта 3, т. е. изменением затяжки пружины 2.

Данные регулировки реле (ток в а) приведены в табл. 15.

Таблица 15

Положение контактов	Реле Р-42В-1		Реле Р-42В-3	
	Токовая катушка	Катушка напряжения	Токовая катушка	Катушка напряжения
Замыкаются	0	0,050—0,055	0	0,075—0,085
Размыкаются	0	0,01 —0,015	0	0,022—0,032
Замыкаются	1	0,15 —0,157	1	0,155—0,165
Размыкаются	1,3	0,023—0,026	1,3	0,052—0,065

Практически на тепловозе работу реле проверяют следующим образом. К зажимам главного генератора присоединяют вольтметр, а в цепь генератора включают амперметр. В этом случае токи, при которых происходят переключения силовой цепи, регулируют изменением величин сопротивлений в цепях токовой катушки и катушки напряжения.

При увеличении сопротивления в цепи токовой катушки токи генератора, при которых включается и отключается реле, возрастают; при уменьшении данного сопротивления токи снижаются.

Если увеличить сопротивление в цепи катушки напряжения, то включение и отключение реле будут происходить при меньших токах генератора и, наоборот, если уменьшить сопротивление, то реле будет срабатывать при больших токах генератора.

Основная неисправность реле в эксплуатации — подгар контактов и изменение параметров срабатывания и отпадания реле.

Реле обратного тока

Реле обратного тока (*РОТ*) служит для управления контактором заряда аккумуляторной батареи. Оно замыкает цепь питания катушки контактора, когда напряжение вспомогательного генератора достигнет 67 в и превысит напряжение батареи на 2—3 в и размыкает ее,

когда напряжение аккумуляторной батареи становится больше напряжения вспомогательного генератора.

Реле устанавливается на панелях ПР-26А-1 (ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭМ1, ТЭМ2) и ПР-26А-3 (ТЭ10, ТЭП60).

В реле обратного тока (рис. 109) имеются три катушки: напряжения 4, токовая 18 и дифференциальная (встречная) 19. Магнитные сердечники этих катушек крепят латунными винтами на стальном основании 2, являющемся магнитопроводом. Под сердечники устанавливают латунные шайбы 20.

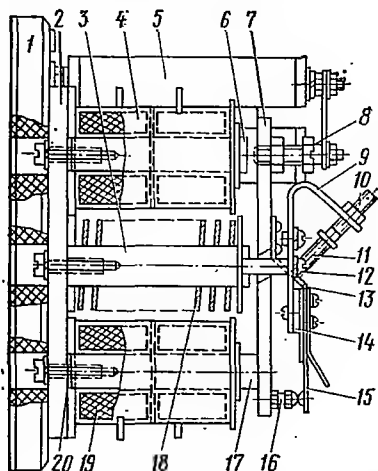


Рис. 109. Реле обратного тока ПР-26А:

1 — панель; 2 — основание сердечников; 3, 6, 17 — сердечники; 4 — катушка напряжения; 5 — резисторы; 7 — якорь; 8 — регулировочный болт; 9 — скоба; 10 — регулировочный винт; 11 — пружина; 12 — держатель; 13 — планка; 14 — изоляционная планка; 15 — подвижной контакт; 16 — неподвижный контакт; 18 — токовая катушка; 19 — дифференциальная катушка; 20 — немагнитная шайба

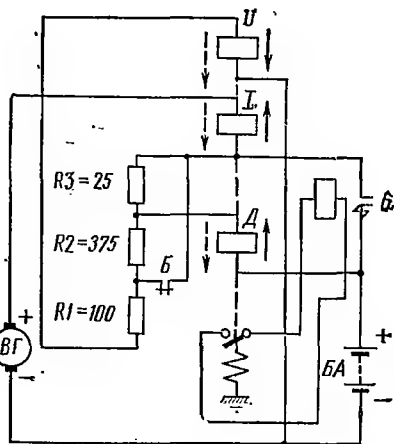


Рис. 110. Схема реле обратного тока:

Сплошными стрелками показано направление тока, когда напряжение аккумуляторной батареи больше напряжения вспомогательного генератора, пунктирными — направление тока, когда напряжение аккумуляторной батареи меньше напряжения вспомогательного генератора

Якорь 7 представляет собой плоскую прямоугольную пластинку, свободно качающуюся на держателе 12. На нижнем конце якоря расположен подвижной контакт 15, который при включении реле замыкается с неподвижным контактом 16, укрепленным на скобе 9. Между якорем и скобой имеется пружина 11 с регулировочным винтом 10. Пружина прижимает якорь к сердечнику дифференциальной катушки, т. е. стремится удерживать контакты в разомкнутом положении. Латунным болтом 8, расположенным на верхнем конце якоря, можно изменить величину воздушного зазора между сердечником катушки напряжения и якорем.

При напряжении батареи, большем, чем напряжение вспомогательного генератора, дифференциальная катушка удерживает якорь в выключенном положении, не позволяя ему включиться под действием

силы притяжения верхней катушки напряжения. Когда напряжение вспомогательного генератора становится больше напряжения аккумуляторной батареи, направление тока в дифференциальной катушке меняется и якорь может быть притянут катушкой напряжения. На панели реле установлены также две трубки сопротивления 5 типа ПЭ50.

Работу реле обратного тока можно понять из рис. 110.

Как видно из схемы, катушка напряжения U включена на напряжение вспомогательного генератора через резисторы. Токовая катушка I включена последовательно в цепь нагрузки вспомогательного генератора, а дифференциальная катушка, соединенная последовательно с резистором $R3$, включена параллельно контактам контактора B , т. е. на разность напряжений аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора. При разомкнутом контакте B ток от батареи проходит через дифференциальную катушку, резистор $R3$ и далее разветвляется на две параллельные ветви. Первая обеспечивает питание катушки напряжения через замыкающие блокировочные контакты контактора B и резистор $R1$.

Вторая ветвь обеспечивает питание токовой катушки через якорь вспомогательного генератора. При этом резистор $R2$ в цепи катушки напряжения зашунтирован блокировочным контактом контактора B . В данном случае по дифференциальной катушке протекает наибольший ток, и она вместе с пружиной удерживает якорь в выключенном положении. Когда напряжение вспомогательного генератора становится выше напряжения батареи, катушка напряжения получает питание от вспомогательного генератора через токовую катушку, блокировочный контакт контактора B и резистор $R1$. При этом ток в дифференциальной катушке изменит свое направление.

В момент изменения направления тока катушка напряжения притягивает якорь и контакт реле замыкается.

Следует помнить, что действие реле определяется результирующим магнитным потоком в Ш-образной магнитной системе реле, а не соотношением токов в катушках. Так, например, при равенстве напряжений аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора ток в дифференциальной катушке равен нулю, а поток в ее сердечнике имеет определенное конечное значение. Этот поток наводится катушкой напряжения. При изменении направления тока в дифференциальной катушке поток в ее сердечнике уменьшается.

При включении реле создается цепь питания катушки контактора B и последний включается. В этом случае ток вспомогательного генератора протекает через токовую катушку, магнитный поток которой помогает потоку катушки напряжения удерживать якорь реле во включенном положении.

Когда контактор B включен, в цепь катушки напряжения вводится добавочный резистор $R2 + R3$.

Катушка напряжения питается по цепи: плюс вспомогательного генератора, токовая катушка, резисторы $R3, R2, R1$, катушка напряжения, минус вспомогательного генератора. Наличие в цепи катушки напряжения полной величины сопротивления ослабляет ее действие и облегчает выключение реле. Если напряжение вспомогательного

генератора станет ниже напряжения аккумуляторной батареи, то поток катушки напряжения уменьшится, а поток токовой катушки изменит свое направление, что приведет к отключению реле. Реле отключится при обратном токе, равном 8,5—9 а.

Реле обратного тока регулируют пружиной 11 и болтом 8 (см. рис. 109). Ток включения регулируется нажатием пружины, а ток выключения — положением винта.

Ниже приводятся технические данные панели реле.

Контакт	1 замыкающий
Раствор	1,5—2 мм
Провал	1,5—2 »
Нажатие	0,04—0,05 кг

Реле настраивают по данным, приведенным в табл. 16.

Таблица 16

Положение контакта	Ток параллельной катушки, а	Ток дифференциальной катушки, а	Ток токовой катушки а	
	ПР-26А-1 ПР-26А-3		ПР-26А-1	ПР-26А-3
Замыкается	0,576	Не более 0,008	0	0
Размыкается	Не менее 0,135	0	Не более 8,5	Не более 8
»	Не менее 0,075	0	0	0

Реле времени

Реле времени (РВ1, РВ2). На тепловозах для управления работой маслопрокачивающего насоса дизеля при его пуске применяется электропневматическое реле времени (рис. 111) типа РВП-2М. Это же реле находит применение на тепловозе ТЭМ2 для управления переходом на ослабленное поле.

Техническая характеристика реле времени РВП-2М

Контакты:

с выдержкой времени	1 замыкающий,
без выдержки времени	1 размыкающий
Длительный ток контактов	То же
Разрываемая мощность контактов	3 а
Выдержка времени	80 вт
	0,4—180 сек

Конструктивно реле (рис. 111, а и б) состоит из электромагнитной системы: магнитопровода 17, катушки 1, якоря 2, пневматической камеры 8, нижней 3 и верхней 5 подвижных систем и двух микропереключателей 16 и 18 типа МП1 с серебряными контактами.

При включении реле якорь 2 отпускает нижнюю подвижную систему 3; рычаг 19 поворачивается и освобождает штифт нижнего микропереключателя 18 мгновенного действия, чем обеспечивает его включение за счет пружины 20.

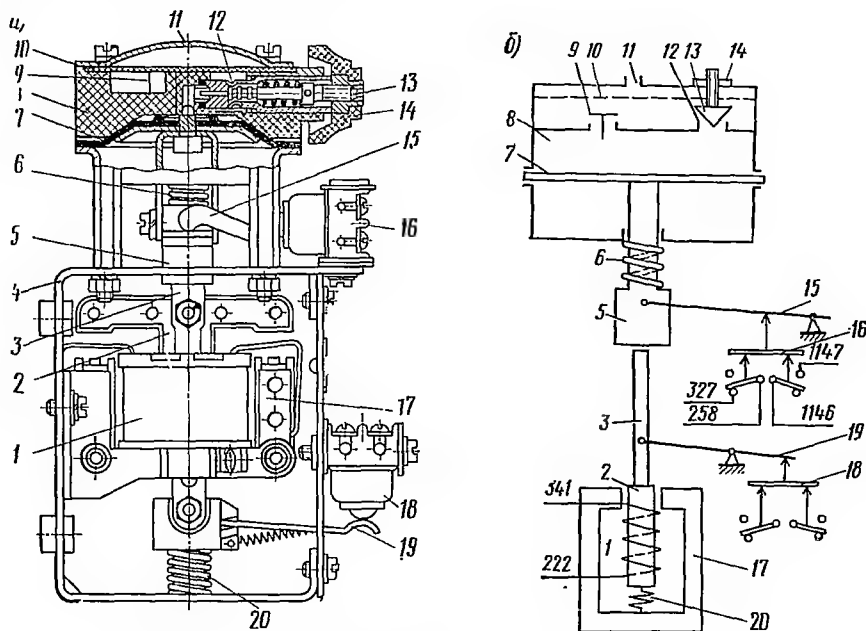


Рис. 111. Электропневматическое реле времени типа РВП-2М:

а — продольный разрез; б — схема; 1 — катушка реле; 2 — якорь; 3 — нижняя подвижная система; 4 — скоба; 5 — верхняя подвижная система; 6 — пружина для опускания верхней подвижной системы; 7 — диафрагма; 8 — пневматическая камера; 9 — клапан для выпуска воздуха из пневматической камеры; 10 — суконный фильтр; 11 — атмосферное отверстие; 12 — входное (дрессельное) отверстие пневматической камеры; 13 — игла для регулирования сечения входного отверстия; 14 — регулировочная гайка; 15 — рычаг управления верхним микропереключателем; 16 — микропереключатель с выдержкой времени; 17 — магнитопровод; 18 — микропереключатель (без выдержки времени «мгновенного действия»); 19 — рычаг управления нижним переключателем; 20 — возвратная пружина

Верхняя подвижная система реле времени под действием пружины 6 и собственного веса будет опускаться медленно, так как при опускании в пневматической камере 8 над диафрагмой 7, соединенной с верхней подвижной системой, будет создаваться разрежение. Это разрежение компенсируется за счет поступления воздуха через отверстия 11, 12 и суконный фильтр 10. Скорость поступления воздуха и скорость опускания верхней подвижной системы будут зависеть от величины входного (дрессельного) отверстия 12. Скорость регулируется иглой 13 поворотом регулировочной гайки 14.

На большинстве тепловозов выдержка времени устанавливается 55—60 сек. В конце своего перемещения верхняя подвижная система рычагом 15 нажимает на штифт микропереключателя 16 и контакты замыкаются, соединяя соответствующие цепи¹.

После прекращения питания катушки реле времени верхняя и нижняя подвижные системы под действием возвратной пружины 20 перемещаются в крайнее верхнее положение. Воздух из полости над диафрагмой будет выходить через клапан 9 и суконный фильтр 10. Кон-

такты микропереключателей займут свое исходное положение.

К неисправностям электропневматического реле следует отнести засорение дроссельного отверстия, что приводит к самопроизвольному изменению выдержки времени.

Электромагнитные реле времени работают надежно.

Реле времени (РВЗ) электромагнитное, типа РЭВ-812 с выдержкой времени при размыкании (рис. 112), установлено на тепловозе 2ТЭ10Л.

При обесточивании катушки вследствие изменения магнитного потока появляются индукционные токи в медной гильзе 13 и алюминиевом короткозамкнутом витке 10, которые задерживают уменьшение потока и тем самым увеличивают время отпадания якоря.

Выдержка времени регулируется подбором толщины немагнитных прокладок 4 (грубая регулировка) и изменением натяжения возвратной пружины 6 (точная регулировка). Увеличение толщины прокладок и затяжки

пружины уменьшает выдержку времени реле при размыкании. Пределы регулировки выдержки времени 0,8—2,5 сек. Катушка реле имеет 6750 витков из провода марки ПЭЛ диаметром 0,19 мм, сопротивление ее 644 ом.

Электромагнитное реле типа РЭ-515 (рис. 113) используется в цепях с выдержкой времени не более 2 сек на тепловозах ТЭМ2 и ТЭ3 в цепях реле перехода (РВ1 и РВ2).

Реле состоит из магнитопровода 1, на котором установлены медная гильза 2, катушка 9 электромагнита, якорь 5 с немагнитной прокладкой 6 и контактное устройство.

Принцип действия такой же, как и реле РЭВ-812.

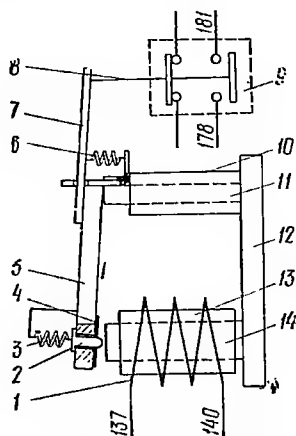


Рис. 112. Схема реле времени РЭВ-812:

- 1 — катушка; 2 — штифт; 3, 6 — пружины; 4 — немагнитная прокладка; 5 — якорь; 7 — планка; 8 — рычаг управления контактами; 9 — контактное устройство; 10 — виток короткозамкнутой алюминиевой гильзы; 11 — керн; 12 — панель; 13 — гильза; 14 — сердечник

¹ Номера проводов здесь и далее по электрической схеме тепловоза 2ТЭ10Л (см. вклейку, рис. 196).

Выдержка времени при отключении реле регулируется изменением натяжения возвратной пружины 3 и подбором толщины немагнитной прокладки 6. Толщина прокладки 0,25 мм дает выдержку времени 1 сек.

Полупроводниковое реле времени типа ВЛ21 (рис. 113, б). При подаче напряжения на зажимы реле «сеть» срабатывает электромагнитное реле $P2$ и создает размыкающими блокировочными контактами цепь заряда конденсатора C через высокоомный резистор R . Вследствие этого потенциал точки a повышается, и когда он превысит потенциал точки b , то через диод D потечет ток и начнется заряд конденсатора $C1$.

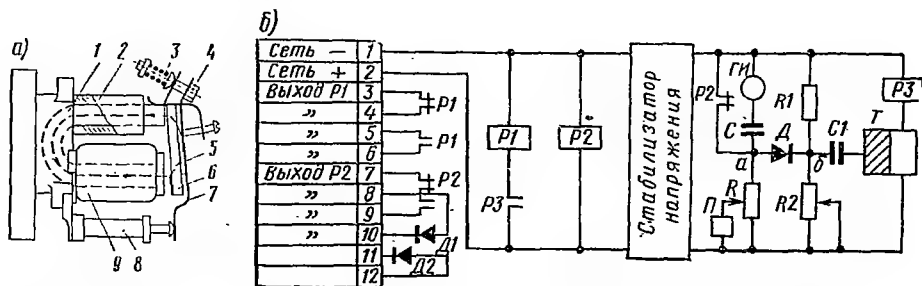


Рис. 113. Схема реле времени РЭ-515 (а) и схема полупроводникового реле ВЛ21 (б):

1 — магнитопровод; 2 — медная гильза; 3 — возвратная пружина; 4 — регулировочная гайка; 5 — якорь; 6 — немагнитная прокладка; 7 — нажимная скоба; 8 — контактное устройство; 9 — катушка

При определенном значении напряжения на конденсаторе, которое суммируется с импульсами, посылаемыми от генератора импульсов $ГИ$, произойдет срабатывание чувствительного триггера T и проходящий через него ток включит электромагнитное реле $P3$. Замыкающие блокировочные контакты реле $P3$ создадут цепь питания катушки электромагнитного $P1$. Полупроводниковое реле имеет по одному замыкающему и одному размыкающему контакту мгновенного действия и по одному размыкающему и замыкающему контакту с выдержкой времени, управляемые реле $P1$. Выдержка времени обеспечивается параметрами RC цепи и порогового диода D .

§ 3. АППАРАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Регулятор напряжения типа ТРН-1

Вибрационный контактный регулятор ТРН-1 применяется на тепловозах ТЭЗ, ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л, ТЭМ2 и поддерживает постоянным напряжение вспомогательного генератора.

Постоянное напряжение достигается многоступенчатым изменением сопротивления в цепи параллельной обмотки возбуждения вспомогательного генератора.

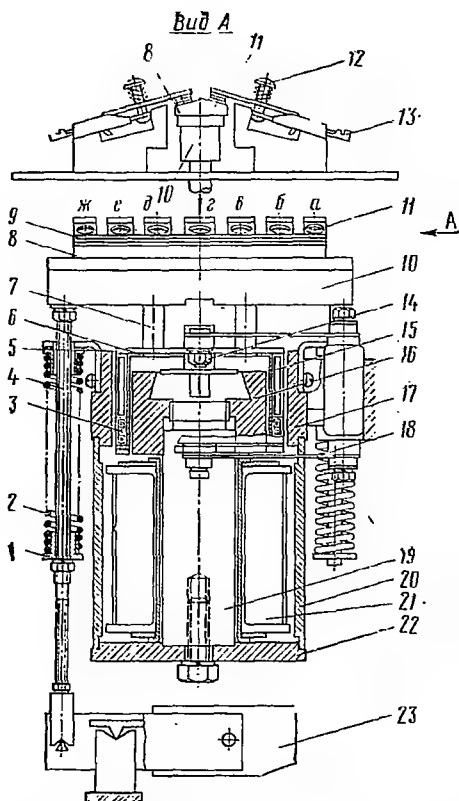


Рис. 114. Регулятор напряжения ТРН-1:

1 — пружинойдержатель; 2 — пружины; 3, 15 — подвижные катушки; 4 — шпильки; 5 — шайба; 6 — каркас; 7 — стойка; 8 — алюминиевая планка; 9 — контактная колодка; 10 — текстолитовая планка; 11 — контакты неподвижные (пальцы); 12 — винты; 13 — наконечники для проводов; 14 — винт компенсирующий; 16, 17 — полюсы; 18 — пружина плоская; 19 — сердечник; 20 — стакан; 21 — неподвижная катушка; 22 — основание; 23 — противовес

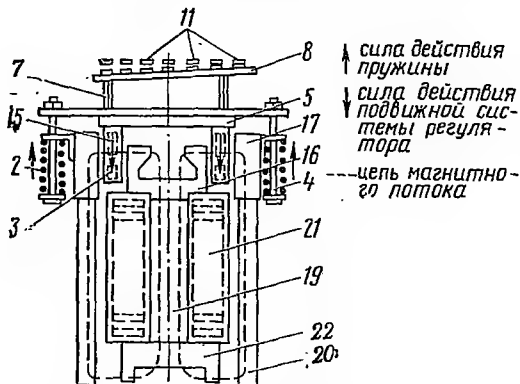


Рис. 115. Схема регулятора напряжения ТРН1 (обозначения см. на рис. 111)

Устройство. Регулятор (рис. 114 и 115) имеет две катушки: неподвижную и подвижную с противовесом 23, обеспечивающим плавность работы регулятора при тряске. Подвижная катушка состоит из двух частей — токовой 3 и напряжения 15.

Магнитопровод регулятора состоит из сердечника 19, основания 22 и наружного стального стакана 20, на котором крепится чугунный корпус (полюс) 17. На сердечник накручен полюс (наконечник) 16; его положение может изменяться.

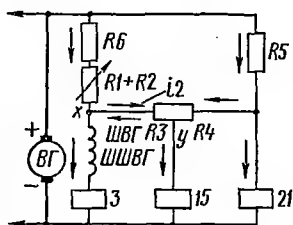
Подвижная катушка подвешена на четырех плоских пружинах 18, которые допускают продольное передвижение катушки и предотвращают ее боковое смещение. Регулятор снабжен также двумя цилиндрическими возвращающими пружинами 2 (передней и задней), которые связаны с подвижной катушкой. Стержень передней пружины соединяет противовес 23 с подвижной катушкой. Катушка прикрепена легким латунным каркасом 6 к шайбе 5, связанной двумя стойками 7 с текстолитовой планкой 10, на которой установлена алюминиевая планка 8 с продольным скосом. На этой планке имеются подвижные контакты 9 (контактная колодка). Шпильки 4, расположенные по краям

планки 10, ввернуты в пружинодержатели 1, которые соединены с концами пружин 2. Пружины противодействуют втягиванию подвижной катушки в кольцевой зазор между корпусом и наконечником. Планка 8 при верхнем положении подвижной катушки должна замыкать все семь пар неподвижных контактных пальцев 11, соединенных с соответствующими секциями резисторов $R1$ и $R2$ (рис. 116).

Когда подвижная катушка перемещается вниз, контактная планка 8 (см. рис. 114) поочередно размыкает пальцы 11 попарно, в результате чего вводится дополнительное сопротивление в цепь обмотки возбуждения вспомогательного генератора.

Рис. 116. Принципиальная схема включения регулятора напряжения ТРН-1:

ВГ — вспомогательный генератор; ШВГ и ШШВГ — обмотки возбуждения вспомогательного генератора; 21 — неподвижная катушка; 15, 3 — подвижные катушки; $R1$, $R2$ — резисторы в цепи обмотки возбуждения; $R3$ — резистор «Холостой ход»; $R4$ — резистор обратной связи (стабилизирующий); $R5$ — резистор корректировки напряжения «Высокая скорость»; $R6$ — невыключаемый резистор



Неподвижные контакты 11 (точечного типа) расположены в два параллельных ряда, каждый из которых замыкается отдельным подвижным контактом 9 (ленточного типа). Контакты регулятора изготовлены из металлокерамического сплава.

Принцип действия регулятора заключается в следующем. Контакты а, б, в, г, д, е, ж (см. рис. 114) присоединены к секциям резисторов $R1$ и $R2$ в цепи возбуждения генератора (см. рис. 116). При понижении напряжения генератора сила втягивания подвижной катушки 15 (см. рис. 115) уменьшается (сила направлена сверху вниз) и подвижная система под действием пружин 2 поднимется вверх и последовательно замкнет контакты а, б, в, г, д, е, ж, т.е. сопротивление в цепи параллельной обмотки возбуждения вспомогательного генератора ШВГ—ШШВГ уменьшится, вследствие чего восстановится номинальное напряжение генератора. При повышении напряжения, наоборот, подвижная катушка под действием возросшей силы притяжения переместится вниз, при этом увеличится сопротивление в цепи обмотки возбуждения вспомогательного генератора.

Силу затяжки пружин 2 можно регулировать изменением положения пружинодержателей 1 на шпильках 4. Кроме того, силу притяжения подвижной катушки к неподвижной можно регулировать изменением величин сопротивлений $R3$ и $R5$ в цепи катушек.

В подвижной системе регулятора потери на трение незначительны, что повышает чувствительность. Вместе с тем относительно большая масса подвижных частей способствует возникновению периодических колебаний системы, вызывающих пульсации напряжения в недопустимых пределах. Для устранения этих колебаний применен электромагнитный успокоитель (обратная связь).

Как видно из принципиальной схемы (см. рис. 116), неподвижная 21 и подвижная 15 катушки соединены через резисторы $R3$ и $R4$ с точкой х. В зависимости от потенциалов точек х и у ток в левой части со-

противления может иметь различную величину и направление (ток i_2). Возможно и отсутствие тока на этом участке цепи.

При резком снижении напряжения вспомогательного генератора быстро уменьшается величина сопротивлений $R1$ и $R2$. Такое изменение будет происходить до тех пор, пока поток генератора не достигнет установленной величины. Изменение же потока вызовет увеличение тока в катушках 21 и 15 до заданного значения, и подвижная система регулятора остановится. Величина сопротивления изменяется быстрее, чем поток. Поэтому, когда ток равен требуемой величине (уставке), сопротивления имеют меньшие значения, чем необходимо. Ток в катушках 21 и 15 увеличивается, и подвижная система перемещается в обратном направлении. Далее процесс повторяется.

Электромагнитное успокоение системы заключается в том, что при резком уменьшении величины сопротивлений $R1$ и $R2$, когда ток в цепи обмотки возбуждения генератора еще не успел увеличиться (цепь $R1$ и $R2$, обмотка, катушка 3), потенциал точки x повышается, при этом увеличивается также ток i_2 , что вызывает возрастание намагничивающей силы катушки 15 , а следовательно, замедление перемещения подвижной системы. При резком увеличении напряжения быстро возрастают величины сопротивлений $R1$ и $R2$ и снижается потенциал точки x . Ток i_2 уменьшается, что вызывает уменьшение намагничивающей силы катушки 15 и, следовательно, замедление перемещения подвижной системы в обратном направлении.

Применение такого успокоителя нарушает равновесие подвижной системы при номинальном напряжении генератора, так как в зависимости от величины потенциала точки x ток изменяет направление. Чтобы устранить влияние этих токов, намагничивающая сила подвижной токовой катушки 3 направлена навстречу намагничивающей силе катушки 15 . При увеличении тока в цепи возбуждения генератора, т. е. при росте тока и усилении действия катушки 15 , намагничивающая сила катушки 3 будет ослаблять действие катушки 15 . Кроме того, токовая катушка компенсирует усилие пружины контактных пальцев и переменное усилие спиральных пружин.

В регуляторе ТРН-1 магнитным успокоителем служит также латунный каркас $б$ (см. рис. 114), в котором при перемещении катушки возникают токи, противодействующие движению катушки.

Техническая характеристика регулятора напряжения ТРН-1

Номинальное поддерживаемое напряжение при 0—7 позициях	75±2 в
То же при 8—15 позициях контроллера	75±1 »
Резистор «холостой ход» ($R3$)	100 ом
» обратной связи ($R4$)	100 »
» корректировки напряжения ($R5$)	8 »
Невыключаемый резистор ($R6$)	10,8 »
Регулирующий » ($R1+R2$)	82,2 »
Максимальный ток контактов	9 а
Расстояние для первой пары контактов (для каждой последующей пары раствор возрастает на 0,33 мм)	1 мм.

Чтобы уменьшить подгар контактов, параллельно контактам подключены два электролитических конденсатора емкостью по 30 мкф.

Настройка регулятора проводится следующим образом.

1. Проверяется устойчивость работы регулятора во всем диапазоне скоростей вращения вала генератора; при недопустимых колебаниях регулируют резистор обратной связи (R_4), добиваясь достаточной стабилизации.

2. Напряжение вспомогательного генератора изменяют при помощи реостата «Корректировка напряжения». Если напряжение выше номинального, сопротивление реостата уменьшается, а если ниже — увеличивается.

В эксплуатации встречаются следующие основные неисправности регулятора: заедание подвижной системы, подгар контактов, обрыв проволоки резисторов, пробой конденсаторов.

Следует вести систематическое наблюдение за состоянием контактной системы, периодически протирать контакты салфеткой, смоченной в бензине (применение наждачной или стеклянной бумаги категорически запрещается). Необходимо следить, чтобы не нарушилась правильная последовательность замыкания контактов и чтобы противоположные парные пальцы размыкались и замыкались одновременно.

Магнитные усилители и трансформаторы

Трансформатор постоянного тока (ТПТ) обеспечивает обратную связь по току главного генератора, которая поступает в управляющую обмотку магнитного усилителя с внутренней обратной связью, называемого амплистатом.

Трансформатор типа ТПТ-4Б (рис. 117) представляет собой два тороидальных сердечника из железоникелевого сплава сечением 48 мм². Рабочая обмотка состоит из двух частей, расположенных на каждом из сердечников и соединенных между собой последовательно и встречно.

Управляющей обмоткой являются один или несколько кабелей силовой цепи, проходящих через центральное отверстие трансформатора.

Техническая характеристика трансформатора постоянного тока ТПТ-4Б

Максимальный (измерительный) ток	6 600 а
Напряжение питания рабочей цепи	70 в
Частота питания рабочей цепи	133 гц
Длительный ток	2,3 а
Сопротивление цепи нагрузки	10 ом
Число витков рабочей обмотки	1 800×2
Марка и диаметр провода	ПЭВ-2; 0,8 мм

Трансформатор постоянного напряжения (ТПН) типа ТПН-3А обеспечивает обратную связь по напряжению главного генератора. Сигнал от ТПН поступает в управляющую обмотку амплистата.

Намотка рабочих обмоток и конструкция сердечников (рис. 118) такая же, как у ТПТ. Управляющая обмотка охватывает оба сердечника.

**Техническая характеристика трансформатора
постоянного напряжения (ТПН-3А)**

Максимальное напряжение	750 в
Напряжение питания рабочей цепи	30 »
Частота питания рабочей цепи	133 гц
Ток рабочей цепи длительного режима	2,5 а
Ток цепи управления длительного режима	1,6 »
Сопротивление в цепи управления	500 ом
Сопротивление нагрузки	5 »
Число витков рабочей и управляющей обмотки	260×2 и 420
Марка и диаметр провода	ПЭВ-2; 1 мм

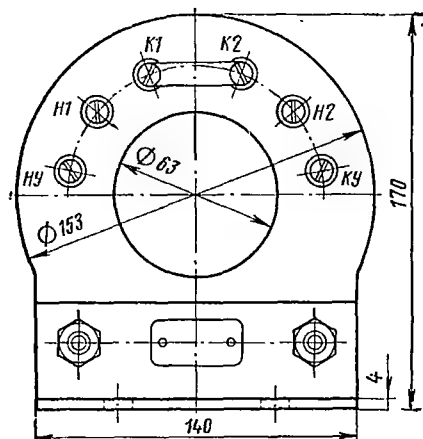
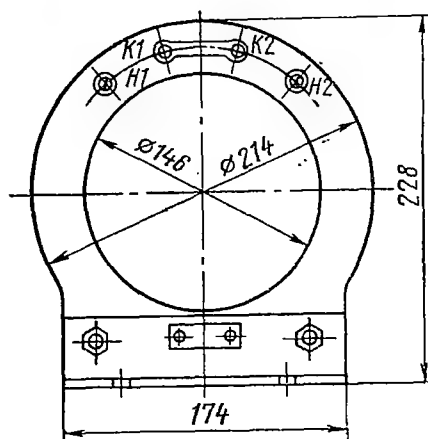


Рис. 117. Общий вид трансформатора
постоянного тока:
H1K1 и H2K2 — зажимы рабочей обмотки

Рис. 118. Общий вид трансформатора
постоянного напряжения:
H1K1 и H2K2 — зажимы рабочей обмотки; H3, K4 — зажимы управляющей обмотки

Трансформатор стабилизирующий (СТР) типа ТС-2 служит для устранения незатухающих колебаний селективного узла возбуждения при резких изменениях нагрузки. Обмоточные данные трансформатора приведены в табл. 17.

Таблица 17

Маркировка клемм	Марка провода	Диаметр провода, мм	Количество витков	Напряжение для проверки коэффициента трансформации ($f=50$ гц), в
H ₁ — K ₁ H ₂ — K ₂	ПЭВ-2 ПЭВ-2	1,00 1,68	1 900 1 000	60 31 ± 2

Обмотка	Маркировка	Число витков	Диаметр провода, мм	Номинальное напряжение при номинальной нагрузке, в	Номинальный ток, а
Первичная	$H_1 - K_1$	92	—	100	—
	$0_1 - K_1$	36	1,35	—	5
Автотрансформаторная	$H_1 - 0_1$	56	0,16	$60 \pm 2,5\%$	—
	$H_1 - 0_2$	65	—	$70 \pm 2,5\%$	3,5
Вторичная	$H_2 - K_2$	57	1,08	$70 \pm 2,5\%$	3
	$H_3 - K_3$	29	1,08	$30 \pm 2,5\%$	3

Трансформатор распределительный (ТР) типа ТР-3А служит для питания цепей переменного тока: трансформаторов постоянного тока, постоянного напряжения и амплитаста возбуждения.

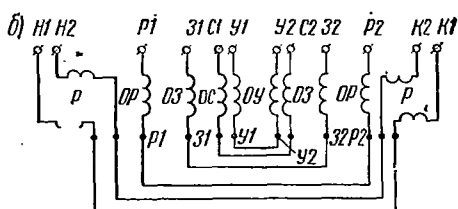
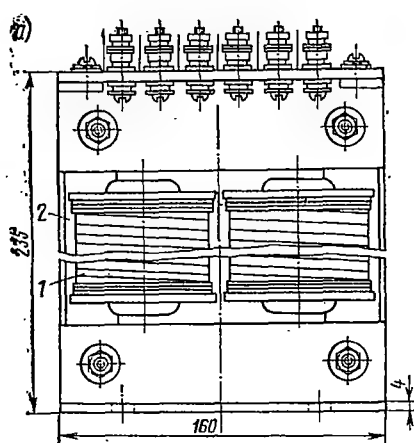


Рис. 119. Общий вид амплитаста (а) и электрическая схема (б):

1 — катушка рабочей обмотки; 2 — сердечник магнитного провода
 P — рабочая обмотка; OC — стабилизирующая обмотка; OZ — задающая обмотка; OP — регулирующая обмотка; OY — обмотка управления

буждения. Трансформатор броневого типа, катушка бескаркасная, залита эпоксидным компаундом на базе эпоксидной смолы.

Техническая характеристика трансформатора ТР приведена в табл. 18.

Амплитаст возбуждения (AB) предназначен для регулирования тока возбуждения возбудителя В. Он представляет собой магнитный усилитель с внутренней обратной связью.

Амплитаст (рис. 119) состоит из двух магнитопроводов, на которых расположено по одной рабочей обмотке (обмотки переменного тока). Обмотки подмагничивания — управляющая, задающая, регулировочная, стабилизирующая — охватывают оба магнитопровода.

Техническая характеристика амплитаста типа АВ-3А

Напряжение питания (эффективное)	60 в
» максимальное (выхода), не менее	35 »
Ток минимальной (выхода), не более	0,5 а
» длительного режима	8,5 »
Частота тока питания	133 гц
Сопротивление нагрузки	6 ом
Ампер-витки управления (максимальные выходы), не более	100
Максимальные ампер-витки управления	3 400

Полупроводниковые элементы

Основными бесконтактными элементами, применяемыми в системе управления и регулирования, являются: управляемые вентили (тиристоры), транзисторы (триоды), диоды, стабилитроны и магнитные усилители.

В основе принципа работы с т а б и л и т р о н а лежит пробой $p-n$ электронно-дырочного перехода, происходящий под действием обратного напряжения (приложенного к переходу). Вольт-амперная характеристика стабилитрона (рис. 120) показывает, что стабилитрон может проводить ток в обоих направлениях (прямом и обратном). Прямая ветвь характеристики стабилитрона обычно является нерабочей, но в ряде случаев может быть использована (например, в цепях температурной компенсации).

Участок обратной ветви вольт-амперной характеристики с высокой проводимостью является основным, рабочим участком стабилитрона. При обратном включении стабилитрона его сопротивление велико (несколько миллионов омов), но если в этом направлении приложить напряжение, равное напряжению пробоя данного стабилитрона U_c , то он переходит в состояние пробоя (проводимости), имея при этом малое сопротивление (несколько десятков омов). Обычно $U_c = 8 \div 9,5$ в.

Д и о д ы являются проводником для прямого направления тока и не пропускают ток обратного направления.

Т р а н з и с т о р (триод) имеет три вывода: эмиттер Э, база б и коллектор К (рис. 121) и обладает таким свойством, что сопротивление между эмиттером и коллектором $R_{эк}$ зависит от тока, протекающего между эмиттером и базой. Когда этот ток, называемый базовым, отрицателен («втекает» в базу) или равен нулю, прекращается инжекция неосновных носителей из эмиттера в базу, этим запирается эмиттерный переход и теряется управление током коллекторной цепи. Такому режиму, называемому *режимом отсечки*, соответствует запертое состояние триода (точка В на рис. 121). В этом состоянии через переход коллектор—база протекает весьма небольшой неуправляемый ток, составляющий единицы или десятки микроампер. Сопротивление запертого триода постоянному току очень велико — до нескольких мегомов.

При увеличении положительного базового тока («вытекает» из базы) сопротивление между эмиттером и коллектором уменьшается,

рабочая точка перемещается по линии нагрузки АД, при этом ток нагрузки коллектора увеличивается. Рост тока коллектора ограничен величиной сопротивления нагрузки: $I_k < \frac{U_{пит}}{R_n}$, поэтому при определенном токе базы наступает насыщение транзистора и дальнейшее увеличение тока базы не дает приращения тока нагрузки. Такому режиму,

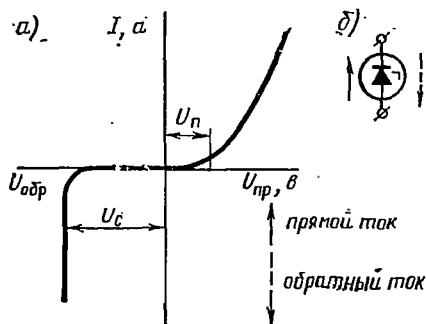


Рис. 120. Вольт-амперная характеристика стабилитрона (а) и условное обозначение его (б):

$U_{пр}$ — прямая ветвь; $U_{обр}$ — обратная ветвь

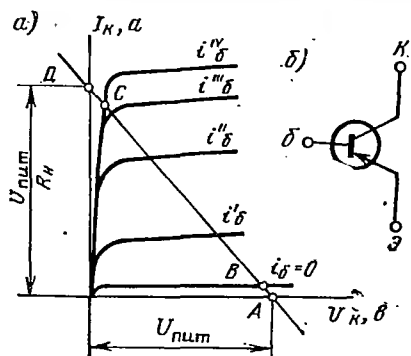


Рис. 121. Вольт-амперная характеристика транзистора (а) и условное обозначение (б):

I_k, U_k — ток и напряжение коллектора; i_b — ток базы; $U_{пит}$ — напряжение питания; R_n — сопротивление нагрузки

называемому режимом насыщения, соответствует открытое состояние транзистора (точка С). У открытого транзистора сопротивление постоянному току составляет единицы и десятки омов.

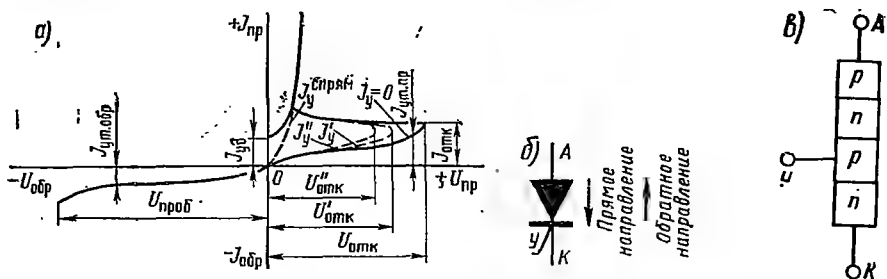


Рис. 122. Вольт-амперная характеристика тиристора (а), условное обозначение (б) и структура (в):

$U_{отк}$; $I_{отк}$ — напряжение и ток открывания тиристора при токе управления, равном нулю; $U'_{отк}$; $U_{отк}$ — напряжение открывания при токах управления $I_y > I_{y0}$; $I_{спрям}$ — ток спрямления; $I_{уд}$ — ток удержания (выключения); $I_{ут.пр}$ — прямой ток утечки; $I_{ут.обр}$ — обратный ток утечки; $U_{проб}$ — обратное напряжение пробоя

Подавая на вход транзистора импульсы напряжения переменной полярности, переводящие транзистор последовательно из запертого состояния в открытое, потом опять в запертое и т. д., можно заставить

транзистор работать в качестве реле. Такой быстрый переход из одного состояния в другое называется режимом «ключа» или переключения.

Оба состояния транзистора характеризуются малыми значениями рассеиваемой мощности. В режиме отсечки ток близок к нулю, в режиме насыщения падение напряжения на переходе эмиттер — коллектор составляет десятые доли вольта. Поэтому транзисторы при работе в режиме «ключа» могут управлять большими мощностями, сами при этом выделяя малую мощность.

Транзисторы кремниевые и германиевые допускают некоторую перегрузку по току, но не допускают даже кратковременных превышений напряжений между электродами.

Т и р и с т о р (управляющий диод) тоже имеет три вывода: анод A , катод K (силовые электроды) и управляющий электрод U (рис. 122, 123).

Тиристор приводится в открытое (включенное) состояние при подаче напряжения положительной полярности на A , отрицательной на K и положительного потенциала на электрод управления, в этом случае он работает как диод. В силовых приборах ток управления не превышает нескольких сотен миллиампер при напряжении примерно 5 в, т. е. мощность, расходуемая в цепи управления, составляет 1—2 вт. Мощность силовой цепи может быть сотни киловатт.

Тиристоры, работая в широком диапазоне токов и напряжений (до 400 а и 1000 в), обеспечивают высокую надежность, коэффициент усиления до 10^6 и работу при температурах от -60 до $+120^\circ\text{C}$. Тиристор выключается при разрыве цепи электрода управления и резком уменьшении тока нагрузки до некоторого минимального значения, называемого удерживающим $I_{уд}$, или разрыве цепи силовых электродов, а также при изменении полярности подведенного напряжения. Способ изменения полярности силовых электродов обеспечивает большее быстродействие, чем уменьшение тока до $I_{уд}$, поэтому он особенно распространен.

В тепловозных схемах с электрической передачей выключение тиристоров осуществляется изменением полярности напряжения. Тиристоры дают возможность не только выпрямлять ток, но и регулировать величину его при помощи специальных систем управления. Тиристоры могут применяться в инверторах и преобразователях частоты переменного тока, они не выдерживают перегрузок по току, поэтому должны обеспечиваться быстродействующей защитой.

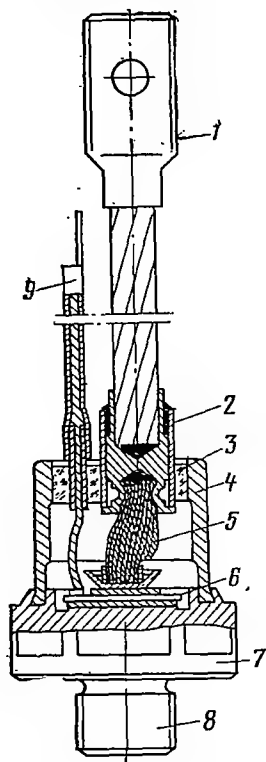


Рис. 123. Разрез тиристора ВКУ-2:

1 — катод; 2 — втулка; 3 — стекло; 4 — корпус крышки; 5 — гибкий медный канатик; 6 — электронно-дырочный переход $p-p-p$; 7 — медное основание; 8 — анод; 9 — управляющий электрод

Выпрямительная установка

На тепловозах с передачей переменного-постоянного тока для выпрямления переменного тока, вырабатываемого синхронным генератором, устанавливается выпрямительная установка (ВУ), выполненная на силовых кремниевых вентилях типа ВК2-200.

В преобразовательной технике стационарных установок и в тепловозостроении за рубежом наибольшее распространение получила трехфазная мостовая схема выпрямления (см. рис. 3), расчетная мощность которой только примерно на 5% превышает активную и обеспечивает высокую частоту пульсаций выпрямленного напряжения при малой их амплитуде.

Для тепловозов ТЭ109 была принята схема — так называемая дважды трехфазная мостовая схема с уравнительным реактором, обеспечивающим еще большие пульсации тока. Выбор такой схемы объясняется опасением за качество коммутации тяговых электродвигателей, так как на этих тепловозах использованы двигатели ЭД-107, которые устанавливались на тепловозах с передачей постоянного тока.

Исследования показали, что пульсации выпрямленного тока тепловозных ВУ при трехфазной мостовой схеме выпрямления не превышают 4—5%, что практически не влияет на качество коммутации электродвигателей. Поэтому на тепловозах 2ТЭ116, ТЭ114 и V-300 применена схема глухого параллельного соединения выпрямительных мостов (без уравнительного реактора). Параллельное соединение мостов выбрано потому, что требует в 2 раза меньшее количество вентилях, чем последовательное соединение мостов при одинаковой величине и частоте пульсаций выпрямленного напряжения.

Техническая характеристика выпрямительной установки УВКТ-2 тепловоза ТЭ109

Максимальное выпрямленное напряжение	700 в
Номинальный выпрямленный ток	4 320 а
Допускаемая нагрузка в течение 2 мин с интервалами между ними 30 мин	6 300 а
Частота питания	33—100 гц
Расчетный к. п. д.	98,5%
Схема соединения	два параллельно через реактор со- единенных трех- фазных моста
Количество вентилях в одной фазе	32 шт.
Тип вентилях ВК2-200	8Б ГОСТ 10662—63
Общее число вентилях	192 шт.
Охлаждение	воздушное прину- дительное
Скорость воздушного потока между ребрами охлаждающих из выхода	11 м/сек
(это соответствует расходу воздуха 130 м³/мин)	

Плечо моста состоит из восьми параллельно соединенных ветвей, в каждом из которых включено по два вентиля последовательно. Параллельно каждому вентилю включается цепочка R—C для защиты

вентилей от перенапряжения. Эта цепочка обеспечивает равномерное распределение обратного напряжения по последовательно включенным вентилям.

На тепловозе ТЭ109 сигнал пробоя вентиля осуществляется с помощью многообмоточных трансформаторов, у которых четыре первичные обмотки включены через емкости между средними точками двух соседних параллельных ветвей плеча. В цепи вторичной обмотки каждого трансформатора имеется выпрямитель, транзистор и реле.

Конструктивно выпрямительная установка состоит из шкафа, где размещаются вентили, и шкафа защиты и сигнализации. Размеры первого шкафа 1400 × 700 × 950 мм, второго — 1220 × 252 × 1700 мм. Шкаф с вентилями имеет двустороннее обслуживание. На каждой стороне шкафа по длине размещен один трехфазный мост. Вентили собраны в отдельные блоки по 8 шт. в каждом. На двух сторонах шкафа расположены 12 блоков в три ряда. Все блоки съемные, что обеспечивает доступ для очистки воздушного канала и смены охлаждающих.

Схема защиты, примененная на тепловозах ТЭ109, недостаточно надежна, сложна в настройке и эксплуатации, имеет значительные габариты, дорого стоит. На тепловозах V-300, 2ТЭ116 и ТЭ114 осуществлен переход на лавинные вентили без устройств сигнализации пробоя вентиля, что позволило обойтись без шкафа защиты и сигнализации.

Защита выпрямителей от внутренних коротких замыканий на этих тепловозах происходит при помощи реле РМ2, подключаемого между нулевыми точками звезд генератора. Принцип действия защиты заключается в том, что при возникновении внутренних коротких замыканий появляется постоянная составляющая в напряжении, на которую и реагирует реле.

С 1973 г. на тепловозах 2ТЭ116 применяется выпрямительная установка типа УВКТ-5, состоящая из 240 шт. вентиля типа ВЛ-200-8В. Номинальный выпрямительный ток — 5700 а, максимальный ток в течение двух минут — 8700 а, вес — 650 кг.

§ 4. АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ

Блокировочный магнит

Б л о к и р о в о ч н ы й м а г н и т (БМ) управляет клапаном, перекрывающим перепускной канал под силовым поршнем сервомотора регулятора числа оборотов дизеля.

Б л о к и р о в о ч н ы й м а г н и т БМ-1А (рис. 124, а) состоит из П-образного стального магнитопровода 11, в котором укреплена катушка 12 с сердечником 13, и якоря 2 с коробкой 4.

Стальной якорь с латунным штоком 14 подвешен на роликах 3 к коробке, опирающейся одним концом на крышку 5 магнитопровода, а другим — на изоляционный верхний штырь 6.

Когда ток проходит по катушке, якорь втягивается в нее, а шток 14 перемещает бронзовый клапан, который перекрывает масляный канал, идущий из-под силового поршня сервомотора регулятора; при этом поршень сервомотора может подниматься вверх, чем обеспечивается подача топлива в цилиндры дизеля.

Якорь через ролики 3 нажимает на коробку 4 и перемещает ее вниз. Одновременно опускаются вниз штыри 10, 6. На штыри надеты подвижные контакты мостикового типа.

При возбужденной катушке верхняя пара контактов разомкнута (размыкающие контакты) и в цепь катушки вводится сопротивление

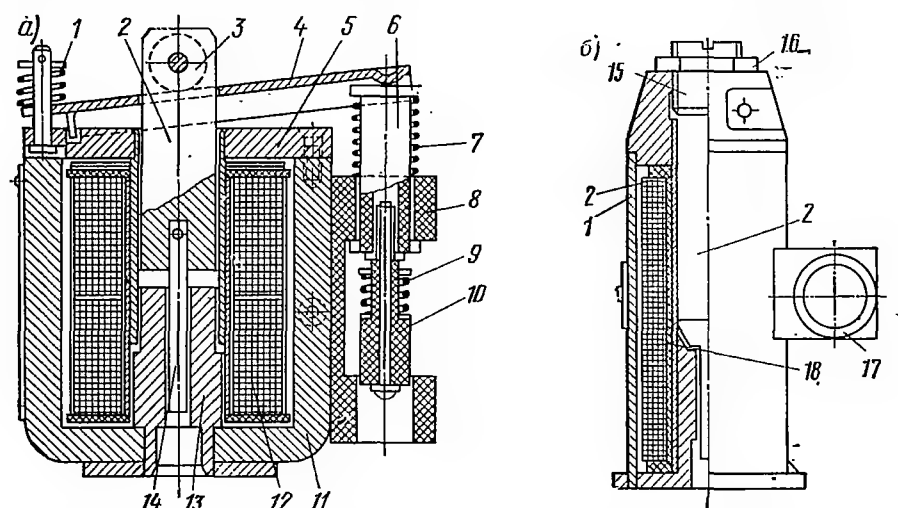


Рис. 124. Магниты: блокировочный типа БМ-1А (а), тяговый типа ЭТ-54 (б):
1, 7, 9 — пружины; 2 — якорь; 3 — ролики; 4 — коробка; 5, 11 — ярмо; 6 — верхний штырь;
8 — изолятор; 10 — нижний штырь; 12 — катушка; 13 — сердечник; 14 — шток; 15 — винт;
16 — гайка; 17 — штепсельный разъем; 18 — гильза латунная

110 ом, что снижает в ней ток до величины, необходимой только для удержания плунжера в притянутом положении, и, следовательно, уменьшает нагрев катушки.

Нижняя пара контактов (замыкающие контакты) замыкает цепь сигнальной лампы, которая показывает машинисту, находящемуся на другой секции тепловоза, что магнит включен и дизель данной секции работает.

Основная неисправность блок-магнита — подгар и плохое прилегание контактов. На тепловозах начали устанавливать блокировочные магниты типа ЭТ-54, не имеющие блокировочных контактов (рис. 124, б) и снабженные штепсельным разъемом. Такая конструкция надежно работает в эксплуатации.

Электромагнит ЭТ-54 состоит из катушки, втяжного якоря 2 с усеченно-коническим концом, гильзы латунной, на которую намотана катушка. Магнитопровод (кожух, сердечник, фланец) и об-

мотка со штепсельным разъемом залиты эпоксидной смолой. Ход якоря может изменяться от 0 до 8 мм при помощи винта 15.

Техническая характеристика блокировочного магнита ЭТ-54

Номинальное напряжение	75 в
Минимальное напряжение включения	22 »
Усилие на якорь при U_{min} притянута якоря	не менее 0,3 кг
Усилие на якорь при U_{min} и зазоре 5 мм	не менее 4 кг
Сопротивление катушки	420 ом

Реле давления масла

Реле давления масла (РДМ1, РДМ2) защищают детали дизеля при понижении давления в масляной системе от возможного задира трущихся поверхностей.

Нужно отметить, кроме того, что при падении давления в масляной системе ниже допустимого ухудшается охлаждение поршней.

На тепловозах 2ТЭ10Л и ТЭЗ установлены два реле давления масла. Реле РДМ1 предназначено для остановки дизеля при понижении давления масла в верхнем коллекторе ниже $0,5 \text{ кг/см}^2$. Реле РДМ2 служит для снятия нагрузки генератора при падении давления масла ниже $1,1 \text{ кг/см}^2$. На тепловозах 2ТЭ10Л оно работает с 12-го по 15-е положение рукоятки контроллера машиниста, а на ТЭЗ — с 9-го по 16-е.

Рис. 125. Реле давления масла:

1 — постоянный магнит реле; 2 — ограничительный упор рычага; 3 — неподвижный контакт; 4 — подвижной контакт; 5 — рычаг; 6 — ось вращения сухаря; 7 — сухарь; 8 — упор рычага; 9 — пружина (сжатая); 10 — ось вращения рычага; 11 — стержень; 12 — упорная шайба; 13 — вилка-рычаг; 14 — регулировочный болт; 15 — ось рычага; 16 — пружина; 17 — гофрированная упругая трубка; 18 — масляная камера; 19 — трубка, подводящая масло от масляной магистрали; 20 — клеммы; 21 — регулировочный винт с эксцентриком; 22 — корпус реле

На тепловозах ТЭМ1 и ТЭМ2 реле давления масла предназначены для остановки дизеля при падении давления масла ниже $1,6 \text{ кг/см}^2$.

Схема реле показана на рис. 125. Корпус 22 реле соединен с датчиком давления, образующим масляную камеру 18, к которой подведена трубка 19 масляной магистрали. Внутри камеры помещена гофрированная трубка (сильфон) 17, верхний конец которой припаян ко дну датчика, а нижний — к опорной шайбе стержня 11. На опорную шайбу давит пружина 16, опирающаяся на вилку-рычаг 13. Регулиро-

вочный болт 14 дает возможность поворачивать рычаг 13 вокруг оси 15, изменяя тем самым натяжение пружины. Верхний конец стержня 11 шарнирно соединен с сухарем 7, имеющим возможность поворачиваться вокруг неподвижной оси 6. Свободный конец сухаря упирается в упор 8 рычага 5, отжимая его вниз при повороте. На рычаге 5 укреплен подвижной контакт 4, который должен быть во время работы дизеля нормально замкнут с неподвижным контактом 3. Упор 2 ограничивает нажатие подвижного контакта.

Рассмотрим работу реле РДМ2. При давлении в масляной магистрали, большем $1,2 \text{ кг/см}^2$, усилие, действующее на упорную шайбу стержня 11, преодолевает сопротивление пружины 16 и гофрированной трубки 17 и перемещает стержень вверх, поворачивая сухарь 7 против часовой стрелки. Конец сухаря поднимается, освобождая упор 8 рычага 5, а пружина 9 поворачивает рычаг 5 вокруг оси 10 по часовой стрелке. Контакты реле замыкаются, создавая цепь питания катушки контактора возбуждения генератора. При замыкании контактов рычаг 5 упирается в подковообразный магнит 1, обеспечивающий четкое включение и выключение реле.

Техническая характеристика контактов реле давления масла РДМ-20

Раствор	не менее 5 мм
Провал	» » 1,25 »
Ток	не более 1 а при напряжении 120 в

На тепловозах применяют реле РДМ-1А-1 и РДМ-20, которые отличаются только устройством внешнего подсоединения проводов — реле типа РДМ-20 имеет штепсельный разъем. На ТЭЗ и 2ТЭ10Л в качестве реле РДМ1 и РДМ2 используются реле типа РДМ-20.

При снижении давления масла в системе ниже $1,1 \text{ кг/см}^2$ усилие пружины 16 станет больше усилия, действующего на шайбу стержня 11, и он будет перемещаться вниз, поворачивая сухарь и рычаг 5. Контакты реле разомкнутся и прервут цепь проводов 117 и 120 (см. рис. 183), подсоединенных к клеммам 20. Магнит обеспечивает мгновенный разрыв контактов.

Реле регулируют следующим образом. Поворотом болта 14 вправо увеличивают натяжку пружины 16 и тем самым включают реле при большем давлении масла, вследствие чего разрыв контактов будет также происходить при большем давлении.

Поворотом винта 21 по часовой стрелке приближают магнит 1 к рычагу 5, в результате разрыв контактов происходит при меньшем давлении масла.

На тепловозах начинают устанавливать реле давления масла типа РДМ-30, в корпусе которого помещаются две обособленные, но одинаковые системы для контроля давления масла. Каждая система состоит из датчика давления, держателя, тяги и микропереключателя

типа МП-1. Обе системы могут быть настроены на давление от 0,4 до 2,6 кг/см² при помощи винта, расположенного сбоку реле.

В эксплуатации иногда встречается заедание подвижной системы, обгар контактов реле давления масла.

Автомат предельного числа оборотов дизеля

Автомат предельного числа оборотов дизеля (рис. 126) предназначен для защиты дизеля от разгона. Он выключает топливные насосы, когда скорость вращения коленчатого вала дизеля превысит

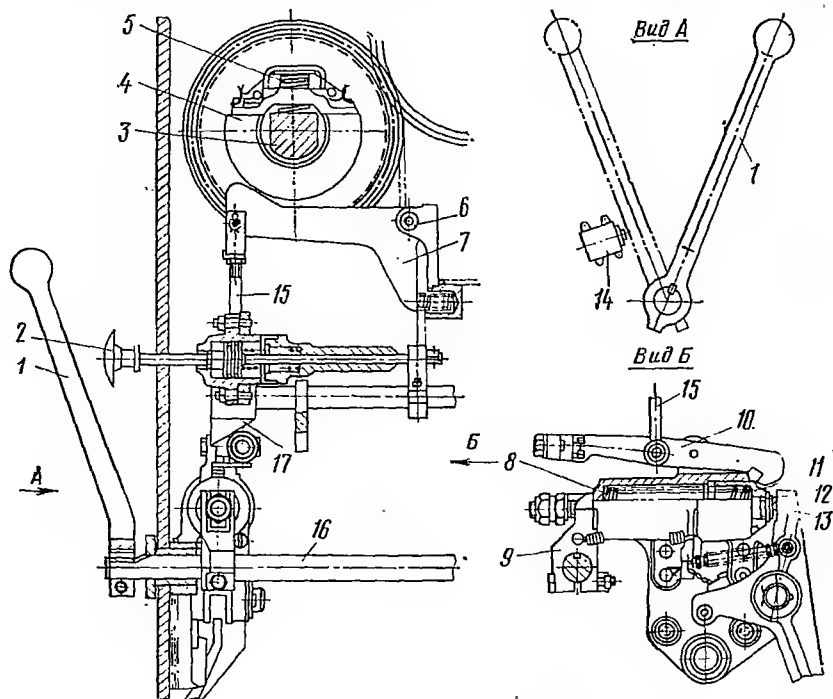


Рис. 126. Автомат предельного числа оборотов вала дизеля:

1 — рукоятка возврата; 2 — кнопка аварийной остановки дизеля; 3 — кулачковый вал привода топливных насосов; 4 — груз; 5 — пружина возврата груза; 6 — ось рычага; 7 — рычаг; 8 — пружина; 9 — вилка; 10 — защелка; 11 — поршень; 12 — шток; 13 — рычаг выключения подачи топлива; 14 — концевой выключатель ВПР; 15 — тяга; 16 — ось; 17 — клин

950 об/мин. Импульс для выключения насосов создается грузом 4, установленным на конце распределительного вала. Груз (в виде полукольца) прижимается пружиной 5 к валу, при сжатии пружины 5 груз передвигается вниз. Пружина рассчитана таким образом: если число оборотов вала дизеля меньше 950 об/мин, груз прижат к валу, если обороты будут выше предельных, то центробежной силой груз отожмется вниз и ударом повернет левый конец рычага 7 вместе с тягой 15 вниз. В результате этого правый конец защелки 10 освободит

шток 12 поршня 11, который под действием пружины 8 переместится вправо и потащит за собой верхний конец вилки 9 и одновременно повернет рычаг выключения подачи топлива 13 и дизель остановится. При повороте вилки 9 повернется ось 16 вместе с рукояткой 1, которая нажмет на концевой выключатель 14 (типа ВГР-28) и выключит питание катушки реле управления РУ7. Дизель может быть остановлен также вручную нажатием на кнопку 2. При нажатии кнопки клином 17 опускается левый конец защелки 10, а правый освобождает поршень 11 и выключает насосы из работы.

Восстановление системы в рабочее положение производится поворотом рукоятки возврата 1 по часовой стрелке.

Реле заземления

Реле заземления (РЗ) предназначено для сброса нагрузки с главного генератора при пробое изоляции на корпус в плюсовой части силовой цепи (рис. 127).

Имеются два исполнения реле заземления: Р-45Г2 и Р-45Г3, отличающиеся обмоточными данными катушки. Катушка реле Р-45Г2 в схеме тепловоза соединена последовательно с добавочным резистором, при этом быстрота действия этого реле выше, чем у реле Р-45Г3, включаемого в схему без добавочного сопротивления.

Почти на всех тепловозах установлены РЗ типа Р-45Г2.

По конструкции реле заземления отличается от реле управления типа Р-45М наличием защелки, удерживающей якорь в притянутом положении после срабатывания, а также усиленной изоляцией катушки.

Технические данные реле типа Р-45 приведены в табл.19.

Таблица 19

Тип реле	Обмотка катушки				Ток срабатывания не более, а	Количество контактов			
	Сопротивление при 20° С, ом	Число витков	Марка провода	Диаметр провода, мм		мостиковых		пальцевых	
						размыкающих	замыкающих	размыкающих	замыкающих
Р-45Г2-12	0,106	150	ПБД	1,95	10	1	—	—	2
Р-45Г3-12	220	7200	ПЭЛ	0,29	0,19	1	—	—	2

Катушка реле последовательно с разъединителем и резистором включена между корпусом тепловоза и минусовым зажимом главного генератора (рис. 128). При появлении заземления образуется замкнутый контур, состоящий из катушки реле и якоря главного генератора тепловоза, в котором начинает протекать ток, вызывающий срабатывание реле. Когда реле срабатывает, оно отключает контакторы возбуждения возбудителя и генератора и становится на механическую защелку.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3 применены реле боксования типа Р-46Б-1. На ТЭ3 три реле вместе с добавочными резисторами установлены на общей панели и образуют блок боксования ББ-301.

Реле РК-111 отличается от реле Р-46Б-1 обмоточными данными катушки. Три реле РК-111 на тепловозах ТЭ10 и ТЭП60 образуют блок боксования ББ-303.

Реле (рис. 129) имеет незамкнутую магнитную систему. На кронштейне 3 смонтирована катушка 2 с коротким сердечником 14. Алюминиевый якорь 8 с вырезом в средней части качается на оси 7, проходящей через кронштейн. В нижней части к якорю винтом 9 прикреплен плунжер 12, входящий внутрь катушки. Для предотвращения прилипания плунжера к сердечнику на торец плунжера припаивают латунный диск толщиной 0,33 мм. В верхней части к якорю на плоской пружине прикреплен двусторонний контакт 5.

В обесточенной катушке нижний конец якоря оттянут пружиной 11, а подвижной контакт 5 замкнут с задним неподвижным контактом 4. Когда ток проходит по катушке 2, создается поток, замыкающийся через сердечник 14, кронштейн 3, воздушный зазор между кронштейном и якорем, плунжер и воздушный зазор между плунжером и сердечником. Если поток достаточен для преодоления силы натяжения пружины, якорь притягивается к катушке. При этом подвижной контакт замыкается с неподвижным 4, питание катушки контактора возбуждения возбуждателя прекращается, одновременно замыкается подвижной контакт с неподвижным контактом 6. В это время замыкается цепь питания зуммера и машинисту подается звуковой сигнал о боксовании колес.

При снижении величины тока в катушке сила притяжения ее так-

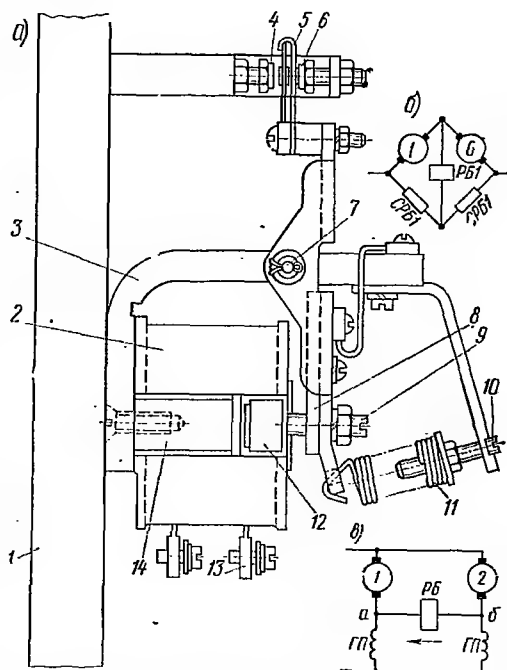


Рис. 129. Реле боксования типа Р-46Б-1 (а) (реле показано во включенном положении); схема включения его катушки при последовательном соединении тяговых электродвигателей (б); схема включения катушки при параллельном соединении двигателей (в):

1 — панель; 2 — катушка; 3 — кронштейн; 4, 6 — неподвижные контакты; 5 — подвижной контакт; 7 — ось; 8 — якорь; 9 — винт плунжера; 10 — регулировочный винт; 11 — пружина; 12 — плунжер; 13 — зажимы катушки; 14 — сердечник

же уменьшится и пружина вернет якорь в первоначальное положение. Величина тока, при которой якорь отойдет от катушки, определяется тем, на сколько усилился магнитный поток после срабатывания реле (поток увеличивается ввиду уменьшения воздушного зазора между якорем и сердечником). Так как общий воздушный зазор по сравнению с зазором между якорем и сердечником достаточно велик, то уменьшение его мало сказывается на усилении магнитного потока. Следовательно, для отпадания якоря необходимо очень небольшое уменьшение тока, что весьма важно для правильной работы реле.

При последовательном соединении двух электродвигателей в схеме электропередачи (рис. 129, б) катушка реле РБ1 включается в диагональ моста, плечи которого образованы якорями электродвигателей 1 и 6 и двумя резисторами СРБ1, равными по величине. Когда боксование осей, привод которых осуществляется электродвигателями 1 и 6, отсутствует, мост уравновешен и в катушке реле ток не протекает. При появлении боксования напряжение на зажимах электродвигателей боксующей оси увеличивается, а напряжение на зажимах другого электродвигателя уменьшается; равновесие моста вследствие этого нарушается; в катушке реле появляется ток, который вызывает срабатывание реле; включившись, реле своим контактом отключает контактор возбуждения возбудителя. Напряжение, ток в электропередаче и тяговое усилие тепловоза снижаются, что приводит к прекращению боксования; ток в цепи катушки реле уменьшается и реле отключается, восстанавливая цепь возбуждения главного генератора.

При параллельном соединении электродвигателей (рис. 129, в) и боксовании первой колесной пары против-э. д. с. этого электродвигателя возрастет, потенциал точки а уменьшится и ток потечет от точки б к а. Боксование второй колесной пары вызовет протекание тока в обратном направлении. Таким образом, ток любого направления вызовет срабатывание реле, если он достиг заданной величины.

Величина тока включения реле изменяется винтом 10 (см. рис. 129, а), регулирующим натяжение пружины; при вывертывании ток уменьшается. Можно также регулировать реле винтом 9 плунжера. После регулировки необходимо снова проверить ток включения. Требуемый зазор между контактами устанавливают изменением положения неподвижных контактов.

Т а б л и ц а 20

Тип реле	Сопротивление при 20° С, ом	Марка провода	Диаметр провода, мм	Число витков	Напряжение срабатывания, в
Р-46Б1 РК-111	526 5,1	ПЭЛ ПЭВ-2	0,23 0,8	9 400 1 100	— 2,6

Техническая характеристика реле боксования РК-111 и Р-46Б-1

Зазор между размыкающими контактами	1,0—1,4 мм
» » замыкающими »	1,5—2,0 »
Провал контактов	0,5—0,8 »
Коэффициент возврата	не менее 0,85

Данные катушек реле боксования приведены в табл. 20.

Реле ограничения тока

Реле ограничения тока (РТ) предохраняет генератор от перегрузки при последовательно-параллельном соединении тяговых электродвигателей на тепловозах ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ1 и ТЭ2.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭМ1 используют реле типа Р-47А-0, которое смонтировано на панели ПР-27А-1, где, кроме того, установлены резисторы ШС-40А-1 с двумя независимыми регулируемыми участками, конденсаторы В-ЗК-153 емкостью по 0,5 мкф каждый и их добавочные резисторы.

На тепловозах ТЭМ2 устанавливают реле типа Р-27А, которое отличается только некоторыми параметрами. Данные, относящиеся к этому реле, приводятся в скобках.

Реле ограничения тока (рис. 130) имеет две катушки: токовую 2 и напряжения 5 с сердечником 4, смонтированные на кронштейне 6 Г-образной формы с широким основанием. Токовая катушка имеет 1,25 (1) витка, выполненного из шинной меди размером 8 × 18 (12,5 × 20) мм. Она рассчитана на длительный ток 750 (1100) а. Легкий якорь 11 с вырезом в средней части качается на оси 10, проходящей через кронштейн.

В нижней части к якорю винтом 12 крепится плунжер 3 с латунной наплавкой, входящей внутрь токовой катушки.

Вверху к якорю прикреплен двусторонний серебряный контакт 8, расположенный между двумя неподвижными контактами 9 и 7.

При обесточенных катушках нижний конец якоря оттягивается пружиной 13, вследствие чего подвижной контакт 8 замкнут с задним неподвижным контактом 7, к которому присоединен резистор 1 (рис. 131).

Токовая катушка включена в цепь одной группы тяговых электродвигателей, а катушка напряжения — в цепь обмотки возбуждения возбuditеля последовательно с подвижным контактом 8. В зависимости от положения этого контакта ток в катушке напряжения меняет свое направление.

Если замкнуты контакты 8 и 7, то катушка напряжения включена параллельно резисторам обмотки возбуждения возбuditеля, при этом направление тока таково, что поток катушки напряжения действует согласно с потоком токовой катушки. Если замкнуты контакты 8 и 9, то катушка напряжения включается параллельно обмотке возбуждения возбuditеля, направление тока меняется и поток катушки напряжения действует против потока токовой катушки.

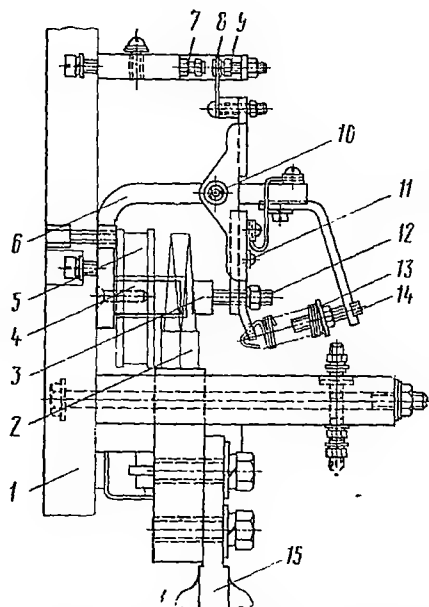


Рис. 130. Реле ограничения тока типа Р-47А-0 (реле показано во включенном положении):

1 — панель; 2 — токовая катушка; 3 — плунжер; 4 — сердечник; 5 — катушка напряжения (вибрационная) реле; 6 — крошечки; 7, 9 — неподвижные контакты; 8 — подвижной контакт; 10 — ось; 11 — якорь; 12 — винт; 13 — пружина; 14 — регулировочный винт; 15 — кабельный наконечник

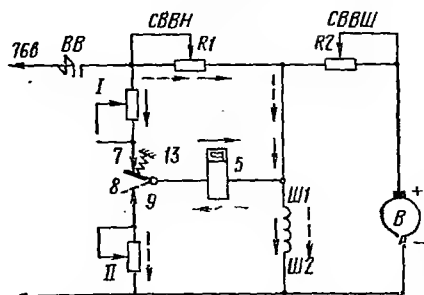


Рис. 131. Схема включения реле ограничения тока в цепь (обозначения см. на рис. 127):

Ш1—Ш2 — обмотка возбуждения возбудителя; В — якорь возбудителя; ВВ — контактор возбуждения возбудителя; СВВН и СВВШ — сопротивления в цепи возбуждения возбудителя; I и II — резисторы на панели реле. Сплошными стрелками показано направление тока при нормальном состоянии реле (до срабатывания), пунктирными — направление тока после срабатывания реле

При токе 660 (980—1000) а в токовой катушке якорь реле притягивается к сердечнику и размыкает контакты 8 и 7; при этом катушка напряжения выключается, усилие, действующее на якорь, уменьшается, и последний под действием пружины займет первоначальное положение. Если нагрузка в силовой цепи не снижается, то процесс повторяется, что приводит к вибрации якоря у размыкающего контакта 7. При увеличении тока в силовой цепи вибрация происходит между двумя неподвижными контактами 9 и 7, а затем постепенно переходит на замыкающий контакт 9.

Когда контакт 8 замкнется с контактом 9, направление тока в катушке напряжения реле изменится, т. е. магнитный поток ее противодействует токовой катушке (на рис. 131 направление тока показано пунктирными стрелками). Вследствие этого пружина оттянет контакты 8, цепь катушки напряжения разорвется и магнитный поток ее исчезнет. Следовательно, результирующий поток реле возрастет и якорь реле займет первоначальное положение (контакты 8 и 9 замкнутся) Это и приводит к вибрации якоря. Вибрация контакта 8 увеличивает сопротивление в цепи обмотки возбуждения возбудителя, а это снижает ток возбуждения и напряжение главного генератора. Если ток в цепи электродвигателей продолжает расти, то контакт 8 притягивается к переднему контакту 9, который соединен с резистором II, включенным параллельно обмотке возбуждения возбудителя. Ток в обмотке становится еще меньше, напряжение возбудителя резко падает, вызывая снижение мощности главного генератора.

Если нагрузка генератора все же не уменьшается, то дальнейшее падение напряжения главного генератора (а следовательно, и скорости движения) приведет к остановке тепловоза. Параллельно контактам 8 и 7 включен конденсатор с резистором, предназначенный для уменьшения подгорания контактов.

Регулировку реле ограничения тока проверяют следующим образом. Увеличивая нагрузку генератора, фиксируют токи катушки напряжения и токовой, при которых реле начинает работать. Это должно произойти при токах 660 (980—1000) а в токовой катушке и 1,5 а в катушке напряжения. Если токи срабатывания реле отличаются от указанных, то производится регулировка, для чего якорь реле придерживают рукой и изменяют величину сопротивления I до тех пор, пока в катушке напряжения не установится ток 1,5 а. Ток срабатывания в токовой катушке регулируется винтом 14 пружины 13: для увеличения тока винт ввертывают, для уменьшения вывертывают.

Чтобы обеспечить требуемое соотношение токов в катушке напряжения (1,5 а) и токовой (660 а), одновременно регулируют сопротивление в двух секциях I и II . При этом необходимо помнить, что реле ограничения тока находится под высоким напряжением, поэтому изменять величину сопротивлений можно только на позиции контроллера «Холостой ход».

Регулировать реле можно также изменением положения плунжера 3, но лишь на реле, снятом с тепловоза.

Техническая характеристика реле ограничения тока Р-47А-0 (Р-27А)

Начало работы реле при токах:	
в токовой катушке	660 (980—1000) а
в катушке напряжения	1,5 а
Зазор между контактами	1,2—1,6 мм

Нельзя допускать заклинивания реле ограничения тока, так как это может повести к перегрузке главного генератора (порче изоляции, оплавлению коллекторных пластин и пр.).

Температурное реле

Температурное реле (АРТ) служит для предупреждения перегрева воды в системе охлаждения дизеля.

Термореле типа ТРК-3 корабельного типа установлено на тепловозах ТЭЗ. Реле регулируется на 88—90° С.

Термореле состоит из следующих основных частей: термосистемы, передаточно-настроечного механизма и контактного устройства. Принципиальная схема термореле дана на рис. 132.

Термосистема образуется из термобаллона 1, капиллярной трубки 2 и камеры сильфона 3, соединенных герметично и заполненных легкокипящей жидкостью (ацетоном или бромистым этилом). Находящаяся в термобаллоне жидкость воспринимает температуру окружающей среды и развивает соответствующее давление насыщенного пара в тер-

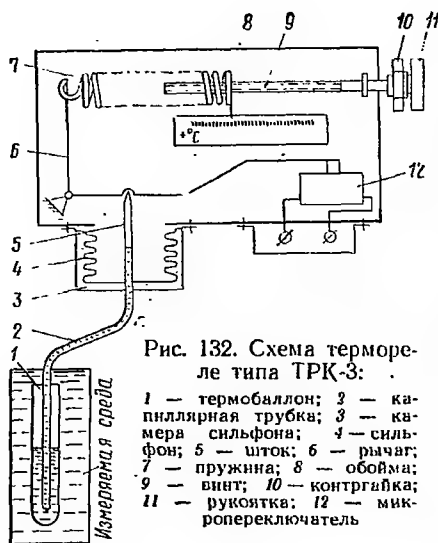


Рис. 132. Схема термореле типа ТРК-3:

- 1 — термобаллон; 2 — капиллярная трубка; 3 — камера сильфона; 4 — сильфон; 5 — шток; 6 — рычаг; 7 — пружина; 8 — обойма; 9 — винт; 10 — контргайка; 11 — рукоятка; 12 — микропереключатель

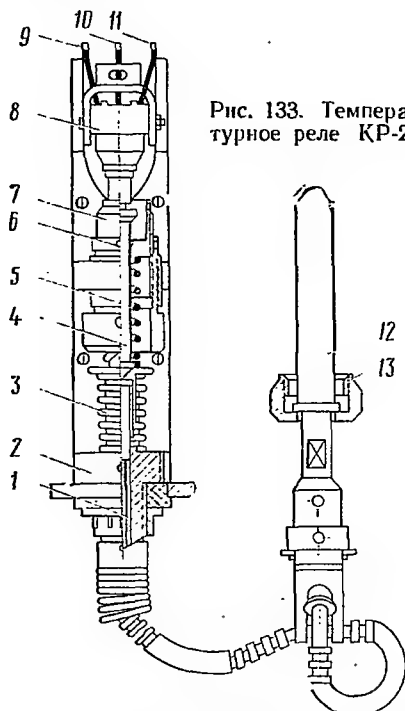


Рис. 133. Температурное реле КР-2:

- 1 — капиллярная трубка; 2 — корпус реле; 3 — сильфон; 4 — толкатель; 5 — пружина; 6 — стопорный винт; 7 — регулировочный штуцер; 8 — микропереключатель; 9 — отвод от размыкающего контакта (красный провод); 10 — отвод от среднего контакта (белый провод); 11 — отвод от замыкающего контакта (синий провод); 12 — термобаллон; 13 — вакуидная гайка

мосистеме. Сила давления, действующая на сильфон 4 термосистемы, уравновешена через шток 5 сильфона и рычаг 6 силой упругой деформации цилиндрической винтовой пружины 7, зацепленной за конец рычага. В другой конец пружины ввернута обойма 8 с резьбовым отверстием для ходового винта 9. Вращением ходового винта с помощью рукоятки 11 изменяют натяжение пружины, настраивая таким образом термореле на требуемую температуру замыкания контактов. После настройки самопроизвольное перемещение винта стопорится контргайкой 10.

Термореле работает следующим образом. При понижении температуры контролируемой среды ниже установленной по шкале величины рычаг под действием пружины поворачивается по часовой стрелке. Своим правым концом рычаг нажимает на кнопку микропереключателя 12 и размыкает контакты, и нагрузка с генератора снимается.

При повышении температуры среды, окружающей термобаллон, давление насыщенного пара в термосистеме увеличивается. В тот момент, когда температура достигает величины, равной установленной по шкале, дно сильфона со штоком переместится вверх и повернет рычаг против часовой стрелки. Правый конец рычага отойдет от кнопки микропереключателя и контакты замкнутся.

Температурное реле типа КР-2 (ТРМ, ТРВ), установленное на тепловозах 2ТЭ10Л, предназначено для предупреждения перегрева воды и масла в системе охлаждения дизеля.

Реле имеет два самостоятельных термозлемента. Один контролирует температуру масла дизеля и регулируется на 85°C , другой контро-

лирует нагрев воды дизеля и срабатывает при температуре 92°C . Принцип действия реле и основные элементы те же, что у реле ТРК.

При повышении температуры воды или масла до регулируемой повышается температура соответствующего термобаллона 12, что вызывает увеличение давления в камере, сильфон 3 растягивается, преодолевая сопротивление пружины 5 (рис. 133). Вместе с дном сильфона переместится толкатель 4, который нажмет на кнопку микропереключателя и его контакты разомкнутся. Когда температура регулируемой или контролируемой среды понижается, сильфон под действием пружины сжимается, толкатель перемещается вниз и контакты микропереключателя замыкаются. Регулировка осуществляется штуцером 7.

На тепловозах проходят испытания температурные реле на полупроводниках.

Дифференциальный манометр

Дифференциальный манометр (КДМ) (рис. 134) предназначен для измерения разрежения в картере дизеля и остановки его в том случае, если в картере появится давление.

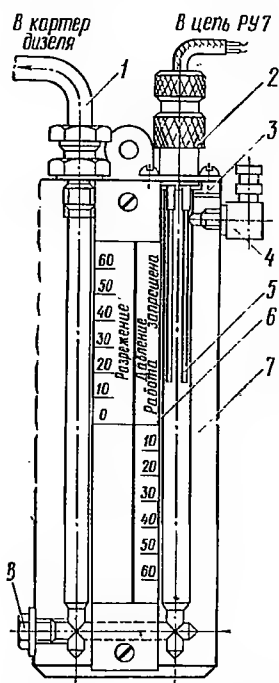


Рис. 134. Дифференциальный манометр:

1 — трубка; 2 — контактная колодка; 3 — атмосферное отверстие; 4 — угольник; 5 — контакт; 6 — шкала; 7 — корпус; 8 — пробка

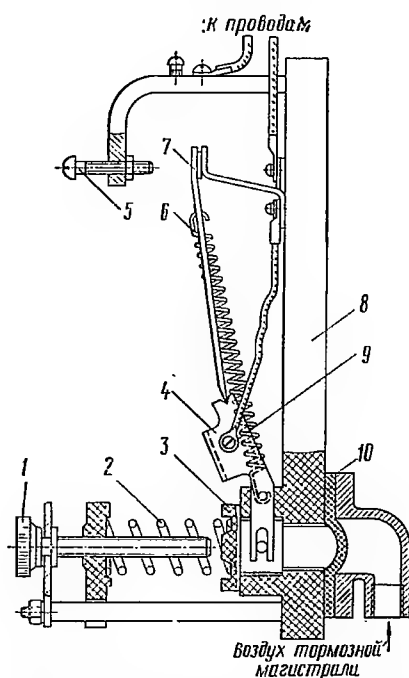


Рис. 135. Схема реле давления АК-11Б:

1 — регулировочные винты; 2 — регулировочная пружина; 3 — шток; 4 — рычаг; 5 — винт контакта; 6 — пружина; 7 — клеммная вилка; 8 — панель (корпус); 9 — ось рычага; 10 — мембрана

Каналы манометра заполнены жидкостью (подсоленная вода с хром-пиком). Левый канал соединен трубкой с картером дизеля, а в правый вставлена колодка 2 с контактами 5, которые включены в цепь катушки реле управления РУ7.

В верхней части манометра расположено отверстие 3, соединенное с атмосферой, к передней части привернута шкала 6. При неработающем дизеле в обоих каналах жидкость должна устанавливаться на нулевом делении, а при работе в картере дизеля должно быть разрежение в пределах 10—60 мм вод. ст. Контакты 5 не должны касаться друг друга и их устанавливают на 15 мм выше нулевого деления.

В случае «пробоя» газов в картер дизеля создается давление, и при повышении давления до 30—35 мм вод. ст. жидкость поднимается в правом канале настолько, что замыкает контакты 5, чем создается цепь питания катушки реле РУ7.

Реле давления воздуха

Чтобы избежать нагрузки дизель-генератора при недостаточном давлении воздуха в тормозной магистрали, на тепловозе установлено реле типа АК-11Б.

На рис. 135 показано реле в состоянии, когда давление воздуха мало (менее 3 кг/см²) и контакты реле разомкнуты. При увеличении давления воздуха мембрана 10 вместе со штоком 3 перемещается влево, преодолевая усилие пружины 2. Вследствие этого рычаг 4, поворачиваясь вокруг оси 9, прижмет клеммную вилку 7 к винту-контакту 5. В результате этого создается цепь питания контакторов возбуждения главного генератора КВ и возбuditеля ВВ. Мембрана 10 выполнена из морозостойкой резины. Реле отрегулировано на замыкание контактов при заданном давлении 5 кг/см² винтом 1, а на размыкание при давлении менее 3 кг/см² — винтом 5.

Трубчатые предохранители

Трубчатые предохранители типа ПР на тепловозах защищают низковольтные цепи от перегрузок и коротких замыканий. На тепловозах применяются два вида предохранителей — разборные и неразборные.

Предохранители в цепях управления, освещения вспомогательных электродвигателей имеют плавкие вставки от 5 до 20 а (неразборные). Они представляют собой медную проволоку диаметром от 0,19 до 0,44 мм.

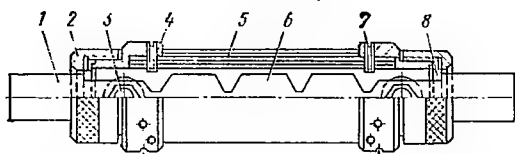
В последнее время в этих цепях устанавливают автоматы, обеспечивающие защиту при перегрузках (см. стр. 106).

В цепях аккумуляторных батарей предохранители имеют вставки на 160 (2ТЭ10Л, ТЭ3) и 100 а (ТЭМ1, ТЭМ2); в цепях вспомогательных генераторов — соответственно на 125 и 80 а; в цепи электродвигателя маслопрокачивающего насоса — на 100 а (разборные).

Разборный предохранитель (рис. 136) состоит из фибровой трубки 5, в которую помещена плавкая вставка 6 из листового цинка толщи-

Рис. 136. Предохранитель разборный:

1 — контактные ножи, 2 — накидная гайка; 3 — болты; 4 — втулка; 5 — трубка фибровая; 6 — плавкая вставка; 7 — винт; 8 — шайба



ной 0,6 мм. Вставка болтами 3 прикреплена к контактным ножам 1, которые врубаются в пружинящие контактные стойки, соединенные с соответствующей цепью. Вставка перегорает, когда по ней проходит ток, превышающий номинальное значение для данного предохранителя. Трубку заполняют асбестовой бумагой, толченым мелом, кварцевым песком или мраморной крошкой, которые способствуют гашению дуги и защищают трубку от выгорания.

Блокировочные контакты дверей высоковольтной камеры

Блокировочные контакты дверей высоковольтной камеры представляют собой устройство, подобное контактам мостикового типа (как у БМ). При закрытии высоковольтной камеры дверь нажимает на хвостовик и подвижные контакты замыкаются с неподвижными. Если дверь открывается, пружина отжимает подвижные контакты от неподвижных и цепь разрывается.

§ 5. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И СИГНАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Электротермометры и электроманометры. На пультах управления тепловозов установлены электротермометры и электроманометры для контроля температуры воды, охлаждающей дизель, и масла, а также давления в масляной системе дизеля ведомой секции.

В комплект электротермометра и электроманометра входит указатель и измеритель (датчик).

В электротермометре измерителем является теплочувствительный элемент, представляющий собой тонкую никелевую неизолированную проволоку, намотанную на слюдяные пластинки, помещенные в защитную металлическую арматуру из нержавеющей стали, или полупроводниковое термосопротивление.

Принцип работы электротермометра основан на том, что при изменении температуры проволоочное или полупроводниковое сопротивление меняется.

Указателем электротермометра служит логометр, действие которого основано на свойстве вращающегося магнита устанавливаться по направлению оси результирующего магнитного поля, создаваемого катушками при протекании по ним электрического тока. Логометр включается по схеме моста сопротивлений, в одно из плеч которого установлен элемент измерителя (рис. 137).

Изменение сопротивления измерителя R_d меняет величину и отношение токов в обмотках W_1 и W_2 схемы моста, причем с увеличением температуры ток в обмотке W_2 увеличивается, а в обмотке W_1 уменьшается.

Если ток проходит только по одной обмотке, то вращающий магнит устанавливается по полю, созданному этой обмоткой. Если ток проходит по обеим обмоткам, то положение вращающегося магнита определяется результирующим магнитным полем, созданным двумя обмотками. Поля, создаваемые наружными обмотками W_1 , определяют вращение магнита подвижной системы к началу шкалы, а внутренними обмотками W_2 — к концу шкалы.

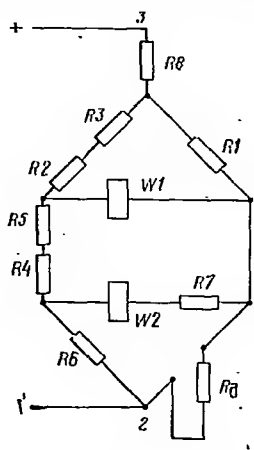


Рис. 137. Принципиальная схема электрического термометра:

$R1, R3, R5, R6, R8$ — резисторы манганиновых катушек; $R2, R4, R7$ — резисторы медных катушек; R_d — резистор никелевой проволоки (измеритель); $W1$ — наружные обмотки; $W2$ — внутренние обмотки; 1, 2, 3 — выводы к штепсельному соединению

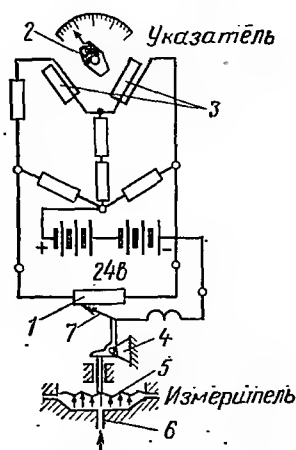


Рис. 138. Схема электрического дистанционного манометра:

1 — подвижный магнит; 2 — катушки логометра; 3 — реостат; 4 — рычаг; 5 — мембрана; 6 — штуцер; 7 — подвижная колодка с ползунком

Постоянный магнит, на оси которого укреплен стрелка прибора, поворачивается под действием результирующего поля обмоток. Следовательно, положение стрелки прибора определяется отношением токов в обмотках, т. е. измеряемой температурой.

На тепловозах до 1967 г. применялись электротермометры ТУЭ-48-Т магнитоэлектрической системы, их заменяют электротермометры типа ТП-2, в которых датчиком является полупроводниковое термосопротивление. Термометры сопротивления градуируют и проверяют путем сравнения их показаний с показаниями термометра, принятого за образец.

Рабочий диапазон температур электротермометра ТП-2 от $+75$ до $+90^\circ\text{C}$, напряжение питания 27 в. На тепловозе он включается на напряжение 75 в с гасящими резисторами ПЭ-7,5 — 470 ом со стороны плюса и минуса.

В электрическом дистанционном манометре (типа ЭДМУ-6 и ЭДМУ-15) изменение давления жидкости или газов в трубопроводе воспринимается чувствительным элементом измерителя (датчиком) и передается указателю, установленному на пульте управления ведущей секции тепловоза.

В электроманометре сопротивление элемента измерителя меняется при передвижении ползунка под действием деформирующейся мембраны (рис. 138). Это нарушает равновесие моста указателя и вызывает отклонение вращающегося магнита со стрелкой. Необходимо помнить, что при обесточенном логометре стрелка его не устанавливается на нуль, а лежит на левом упоре.

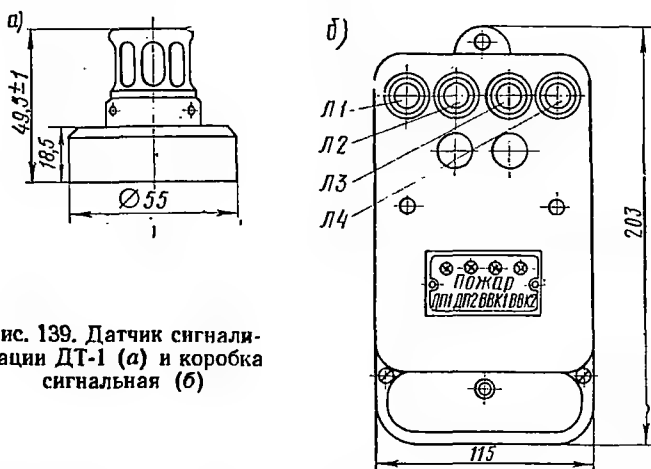


Рис. 139. Датчик сигнализации ДТ-1 (а) и коробка сигнальная (б)

Манометр ЭДМУ-6 имеет пределы измерения от 0 до 6 кГ/см^2 , а ЭДМУ-15 — от 0 до 15 кГ/см^2 .

Амперметры и вольтметры. Для контроля за работой электрических цепей на тепловозах установлены амперметры и вольтметры, размещенные на пультах управления.

Амперметры включены в силовую цепь для контроля за нагрузкой главного генератора и тяговых электродвигателей и в цепь аккумуляторных батарей для контроля величины зарядного и разрядного тока. Амперметры (магнитоэлектрической системы) подключены к шунтам.

На тепловозах типа ТЭ10 в силовую цепь включен амперметр со шкалой на 6 000 а, а на ТЭ3 — на 4 000 а. В цепи аккумуляторной батареи на тепловозах типа ТЭ10 амперметры имеют шкалу 150—0—150 а, на ТЭ3 — 100—0—100 а.

Вольтметр, измеряющий напряжение главного генератора, имеет шкалу на 1000 в; вольтметр в цепи вспомогательного генератора — на 150 в.

Приборы пожарной сигнализации. Установка для пожаротушения состоит из электрической сигнализации и устройства для тушения пожара. При появлении пожара или повышении температуры до $90 \pm 10^\circ \text{C}$ автоматически подается звуковой и световой сигналы. Для звукового

сигнала используется зуммер узла боксования колес. Устройство для тушения пожара приводится в действие локомотивной бригадой, в нем используется огнегасящая смесь (4-процентный водный раствор пенообразователя ПО-1).

К сигнальной установке относятся температурные датчики типа ДТ-1 (рис. 139, а), промежуточные реле *P1* и *P2*, сигнальная коробка с лампочками *Л1—Л4* (рис. 139, б), кнопки контроля *КН1* и *КН2* и автомат защиты (см. рис. 201).

Сигнальные датчики изготовлены из сплава окиси калия и марганца, сопротивление которого резко снижается при повышении температуры. Сопротивление датчика при температуре 20° С составляет примерно 2,4 *Мом*, а при 90° — 5 *ком*. Уменьшение сопротивления приводит к возрастанию тока в цепи реле *P1* или *P2*, что приводит к его срабатыванию и подаче сигналов.

Датчики установлены в опасных местах: в правой высоковольтной камере — 2 шт., в левой — 1 шт., в дизельном помещении с правой и левой стороны — по 9 шт.

Приборы пожарной сигнализации одинаковы на обеих секциях; на сигнальной коробке, установленной над столиком помощника машиниста, загорается лампа, указывающая, где произошел пожар и на какой секции.

§ 6. АППАРАТЫ РАЗНЫЕ

Резисторы. На тепловозах устанавливают резисторы трех типов КФ, СР, ПЭ.

Элементы КФ применяются для шунтирования обмоток возбуждения тяговых электродвигателей, добавочных резисторов в цепи дифференциальной обмотки возбуждения возбудителя (ТЭЗ) и зарядных резисторов; они рассчитаны на значительные токи (свыше 20 *а*). Элемент резистора КФ представляет собой фехралевую ленту, навитую на фарфоровые изоляторы, укрепленные на держателе. На тепловозах находит применение лента следующих размеров: 16 × 1,6; 10 × 1,5; 10 × 1,1; 12 × 1,6 и 10 × 1,6 *мм*.

Из элементов КФ образуются ящики типа ЯС (рис. 140). Имеются четыре типа элементов, технические данные которых приведены в табл. 21.

При токах менее 20 *а* и особенно в случаях, когда необходимо изменить сопротивление для настройки схемы, например в цепях возбуждения возбудителя, вспомогательного генератора и др., используют

Таблица 21

Технические данные	Мощность элемента при 350° С, <i>вт</i>			
	2 150	1 820	920	615
Количество изоляторов, шт.	14	12	6	4
Тип ящика	ЯС-9027	ЯС-8000	ЯС-7101	ЯС-600

резисторы типа СР. Они представляют собой нихромовую или фехралевую круглую проволоку, навитую на фарфоровый цилиндр. Резисторы выполняются регулируемы (с хомутами) и нерегулируемы. Мощность элемента составляет 350 *вт*, расчетная температура 350° С. Длительный ток элементов (от СР-303Э до СР-335) изменяется соответственно в пределах от 0,713 до 19,7 *а*, а сопротивление — от 690 до 0,88 *ом*.

Новые панели этих резисторов выполняются в виде блоков, состоящих из унифицированных пластмассовых панелей, стянутых шпильками в единую панель.

При малых мощностях и токах, главным образом в цепи катушек аппаратов, находят применение трубчатые эмалированные резисторы типа ПЭ. Они состоят из полого керамического цилиндра, на который намотана проволока из нихрома или константана, покрытая слоем жаростойкой стекловидной эмали. На тепловозах устанавливают трубки мощностью 50, 100 и 150 *вт* с сопротивлением от 2,5 до 3500 *ом*.

Резисторы типа ПЭВ нерегулируемые и ПЭВР регулируемые. На поверхности регулируемых резисторов имеется свободная от эмали дорожка провода для закрепления перемещаемого хомута, которым устанавливается требуемая величина сопротивления.

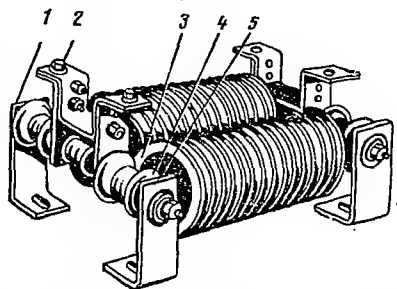


Рис. 140. Ящик резистора типа ЯС:
1 — стойки; 2 — выводы медные; 3 — лента; 4 — изолятор; 5 — держатель

Блоки и панели выпрямителей. На тепловозах ТЭ10 и ТЭП60 через выпрямители, состоящие из кремниевых диодов типа ВК2-10А, осуществляется питание обмотки возбуждения возбудителя. Восемь диодов монтируют на панели ПВК-6040 (рис. 141) и соединяют в два однофазных незамкнутых моста, один из мостов резервный.

Кроме того, в селективной схеме (см. гл. IV) используется панель выпрямителей типа ПВК-7080; на панели 16 кремниевых диодов, которые соединены в четыре моста. Два моста являются резервными. Ток на выходе моста 5 *а*, номинальное напряжение 75 *в*.

На первых выпусках тепловозов ТЭ10 и ТЭП60 питание обмотки возбуждения главного генератора осуществляется через выпрямители от возбудителя переменного тока. Выпрямители применяют германиевые типа ВГ-50-110 (длительный ток 50 *а*, амплитуда обратного напряжения 110 *в*) или кремниевые ВК-50-110 (с теми же параметрами). На тепловозе ТЭ10 выпрямители собраны в два блока, которые имеют принудительную вентиляцию (скорость воздуха не менее 5 *м/сек*). Для вентиляции используется воздух, поступающий в главный генератор.

На тепловозе ТЭЗ применяется панель селеновых выпрямителей типа ПВ-420. Выпрямители в схеме тепловоза расположены в цепях ограничения тока и дополнительного регулирования мощности.

Блоки конденсаторов. На новых тепловозах (ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗЛ) для защиты выпрямителя от перенапряжений находят применение конденсаторы типа МБГП-2 емкостью по 4 мкф. Эти конденсаторы монтируют на панелях (в блоках) типа БК-400 (четыре конденсатора) и БКВ-300 (три конденсатора).

Регулировочный реостат. Для дополнительного регулирования мощности дизель-генератора на тепловозах типов ТЭ10 и ТЭП60 применяется регулировочный реостат РР-2020. Он регулирует ток в цепи регулировочной обмотки амплистата и имеет подвижной контакт, который приводится в возвратно-поступательное движение от сервомотора регулятора мощности дизеля. Реостат рассчитан на ток 4,6 а. Величина сопротивления 1,7 ом. Нажатие контактов 0,3 кг.

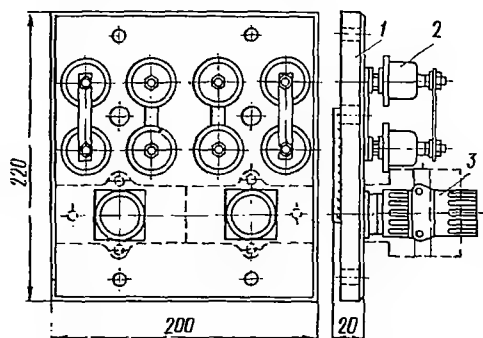


Рис. 141. Панель выпрямителей типа ВПК-6040:

1 — панель; 2 — германиевый диод ВГ-10-80; 3 — штепсельный разъем типа ШР-28П16НШ5

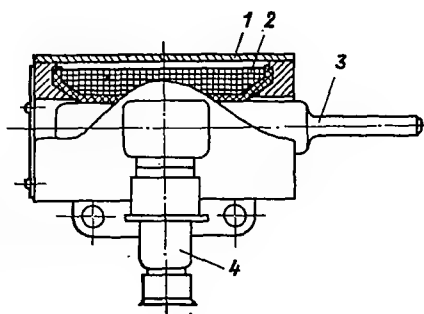


Рис. 142. Индуктивный датчик ИД-10:

1 — корпус; 2 — катушка; 3 — якорь; 4 — штепсельный разъем

Индуктивный датчик в цепи регулятора мощности. Взамен ненадежно работающего ползункового реостата РР-2020 (подгар контактов) в последнее время устанавливают бесконтактный индуктивный датчик (рис. 142) типа ИД-10. Индуктивный датчик преобразует механическое перемещение якоря в электрический сигнал.

В корпусе 1 размещена катушка 2, внутри которой может перемещаться якорь 3. Якорь соединен со штоком сервомотора регулятора дизеля. Катушка питается от переменного напряжения величиной 10 в и частотой 133 гц. Наибольший ток будет при минимальной индуктивности катушки, т. е. отсутствии якоря, а наименьший — при полностью введенном якоря. Ход якоря 65 мм, длительный ток катушки 1 а.

Соединительные контакты и другие аппараты. На тепловозах применяются соединительные контакты (клеммовые рейки) типа СК1-А. Соединительный контакт представляет собой деревянную планку, на которой смонтированы в один ряд винты с гайками. Длительный ток 20 а, напряжение 75 в, количество клемм 16.

К винтам присоединены провода цепей управления и освещения. Все зажимы реек занумерованы, а провода, подходящие к ним, снабжены бирками с номерами, соответствующими обозначенным на схеме электрических соединений.

Межтепловозное соединение обеспечивает возможность управления двумя или несколькими тепловозами с одного поста по системе двух (многих) единиц. Межтепловозное соединение состоит из розеток и переносных штепселей, при помощи которых соединяются провода управления тепловозов (рис. 143). Розетка имеет контактные пальцы, а штепсель — соответствующие им контактные гнезда.

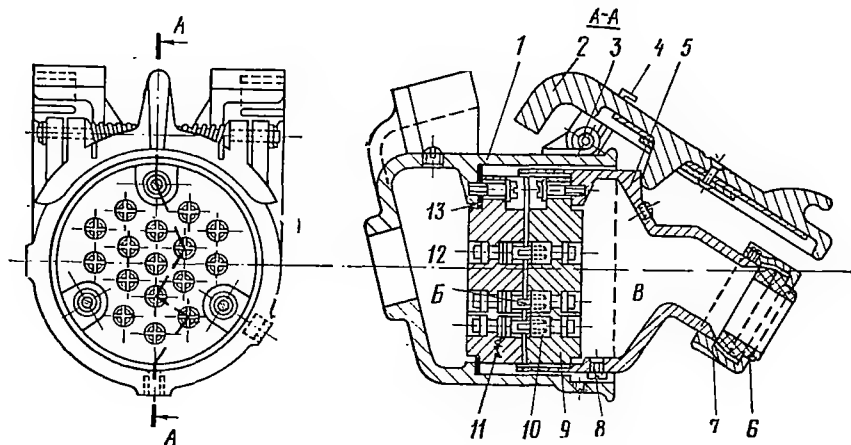


Рис. 143. Межтепловозное соединение:

1 — корпус розетки; 2 — крышка с замирающим выступом; 3 — ось; 4 — пружина; 5 — корпус штепселя; 6 — уплотнение; 7 — гайка; 8 — винт; 9 — изоляционная шайба штепселя; 10 — контактное гнездо; 11 — изоляционная шайба розетки; 12 — контактный штырь; 13 — резиновая прокладка

Контактные пальцы сделаны разрезными, чтобы обеспечивался надежный контакт в соединениях. Для соединения розетки и штепселя предусмотрен винт 8, который входит в углубление розетки. Контакты рассчитаны на ток 25 а и напряжение 75 в.

Чтобы предохранить штепсель от попадания влаги, кабель имеет резиновое уплотнение 6, а полости Б и В залиты изоляционной компаундной массой. Запорное устройство межтепловозного соединения предохраняет штепсель и розетку от размыкания.

Штепсельные розетки РЗ-8Б предназначены для включения двухполюсных штепселей типа ШУ-5А, переносных ламп при осмотрах. Они рассчитаны на длительный ток 6 а и напряжение 75 в. Розетки расположены под кузовом.

Сигнал боксования типа С-58 (зуммер) СБ устроен так же, как звонок постоянного тока с прерывателем, но у него вместо звонка имеется зуммер, создающий дребезжащий звук при работе.

Зуммер типа С-58 рассчитан на напряжение 24 в, катушка имеет 380 витков, сопротивление 14 ом, конденсатор КМБГ, 0,1 мф, 600 в.

С 1968 г. этот сигнал заменен на СС-2, рассчитанный на напряжение 110 в; громкость сигнала 105 дб.

Устройства для измерения напряжений и проверки состояния изоляции в цепях управления. Для этой цели на тепловозах 2ТЭ10Л, выпущенных до 1967 г., использовали вольтметр цепей управления V2, переключаемый тумблерами 42 (рис. 144). Положение тумблеров, изображенное на схеме, обеспечивает измерение напряжения цепей управления

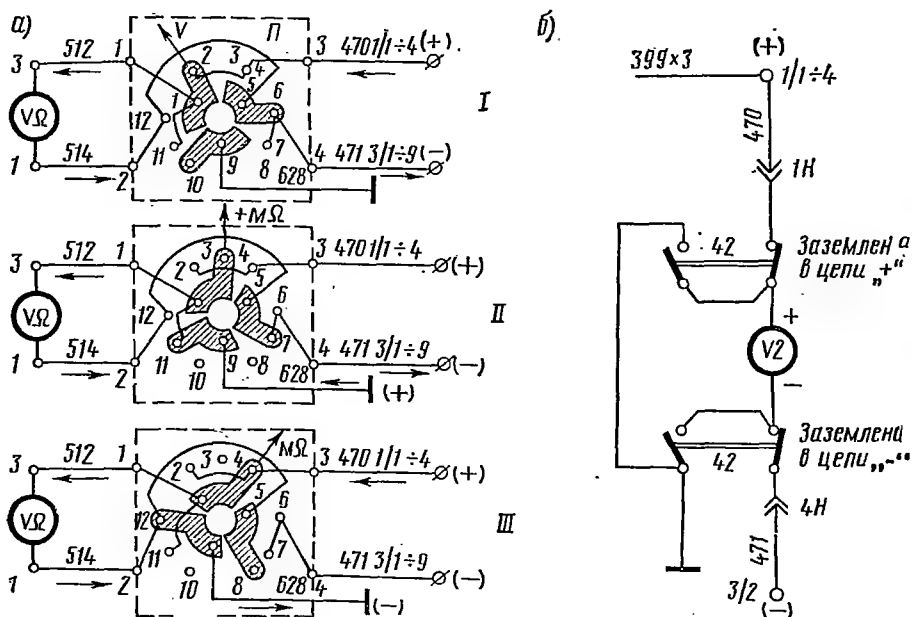


Рис. 144. Включение вольтметра (а) и вольтметра (б) для контроля напряжения и состояния изоляции в цепях управления тепловозом 2ТЭ10Л:

I — в положении переключателя V; II — в положении переключателя —MΩ; III — в положении переключателя +MΩ

При заземлении в плюсовой части цепей и переключении тумблера «заземление в цепи» ток потечет от плюса вспомогательного генератора или батареи через корпус тепловоза, через перемычку между тумблерами, включенный тумблер на +V2 и далее на минусовый зажим, что вызовет отклонение стрелки вольтметра.

При заземлении в минусовой части цепи и включении тумблера «заземление в цепи» ток вспомогательного генератора или батареи через клемму 1/1 + 4 подводится к +V2 и далее через вольтметр и корпус тепловоза замкнется с минусом источника тока, вследствие чего стрелка вольтметра также отклонится.

На тепловозах 2ТЭ10Л, выпускаемых с 1967 г., устанавливают вольтметры VΩ с переключателями П. Измеряя сопротивление изоляции.

показания вольтметра в положении $+M\Omega$ и $-M\Omega$ суммируются и умножаются на $250/V_{\text{ср}}$, где $V_{\text{ср}}$ — показание вольтметра в положении переключателя P в момент замера изоляции. Против произведения на шкале вольтметра отсчитывается сопротивление изоляции, которое должно быть не менее $0,25 \text{ Мом}$.

Контроль за сопротивлением изоляции на тепловозах ТЭ10 и ТЭП60 ведется при помощи световой сигнализации.

Соединительные коробки применены для соединения цепей в местах, где установка их уменьшает длину проводов и позволяет ускорить отыскание повреждений. На схеме соединительные коробки обозначены так же, как зажим высоковольтной камеры. Номер сборочного чертежа коробки указан на зажиме.

Кабели и провода. В силовых цепях тепловоза применены кабели марки ПС-3000 сечением 150 и 300 мм² и провода марки ПС-3000 сечением 25 и 2,5 мм²; в цепях возбуждения возбuditеля и генератора — провода марки ПС-1000 сечением 25 мм²; в цепях управления и освещения — провода марки ПС-1000 сечением 2,5 мм².

Электрические конденсаторы. В аппаратах вибрационного типа (регулятор напряжения, реле ограничения тока, регулятор мощности) параллельно рабочим контактам включены сухие электролитические конденсаторы.

При размыкании контактов реле под током конденсаторы заряжаются за счет энергии электрической дуги. Во время последующего замыкания контактов конденсатор разряжается на замкнутую цепь и электрическая энергия конденсатора превращается в тепловую. Вследствие этого работа контактов реле значительно облегчается.

Электрические лампы. На тепловозах для освещения применены лампы мощностью 50 *вт*, напряжением 75 *в*; лампы прожекторов имеют мощность 500 *вт* и напряжение 50 *в*. Лампы буферного фонаря мощностью 25 *вт*, напряжением 50 *в* включаются последовательно с добавочным резистором.

§ 7. БЕСКОНТАКТНЫЕ РЕЛЕ И РЕГУЛЯТОРЫ

Бесконтактные реле перехода. Электромагнитные реле перехода типа Р-42В в эксплуатации нередко нарушают нормальную работу тепловоза тем, что они срабатывают и отпадают не при тех режимах, на которые были отрегулированы. В ЦНИИ МПС разработаны бесконтактные реле перехода, в которых использованы магнитные усилители (МУ) с сильной обратной связью. МУ с обратной связью больше единицы приобретают релейные характеристики (рис. 145). Параллельное расположение линий характеристик, соответствующих срабатыванию и отпаданию реле, предотвращают звонковую работу.

Бесконтактные реле перехода имеют две основные обмотки управления: напряжение H и токовую T (рис. 146).

Токи в этих обмотках пропорциональны напряжению и току главного генератора, а намагничивающие силы их направлены встречно. Рабочая обмотка PQ питается переменным током.

Нагрузкой усилителя является катушка вентиля контактора ослабления поля *Ш1*. Обмотка управления *H* через резистор подключена на напряжение генератора, а обмотка *T* подключена параллельно обмотке дополнительных полюсов генератора *ДП*. Обмотка смещения *C* предназначена для корректировки характеристики реле.

Обмотки усилителя рассчитаны так, что при большом токе и малом напряжении генератора результирующая намагничивающая сила обмоток *H*, *T* и *C* отрицательна и расположена левее точки $F_{от}$. В этом случае ток на выходе *МУ* небольшой (линия $i_{во}$, см. рис. 145) и контактор *Ш1* отключен. Когда происходит разгон, ток генератора уменьшается, а напряжение увеличивается.

Соответственно изменяются токи обмоток управления *T* и *H* усилителя. Результирующая н. с. (намагничивающая сила) обмоток возрастает, перемещаясь вправо. При достижении величины $F_{ср}$ ток на выходе *МУ* увеличивается скачком (линия $AO-AI$) и контактор *Ш1* включается. Дальнейшее увеличение F_y почти не изменяет тока выхода *МУ* (линия $i_{н1}$). При уменьшении скорости ток генератора увеличивается, а напряжение падает, следовательно, F_y уменьшается, смещаясь по характеристике влево.

При равенстве F_y и $F_{от}$ ток выхода *МУ* уменьшается скачком (линия $BI-BO$) и контактор *Ш1* выключается. Реле настраивают регулируемы́ми резисторами в цепи обмоток управления.

Чтобы повысить надежность работы реле, обмотки усилителя *H* и *T* получают питание от трансформатора постоянного тока *ТПТ* и трансформатора постоянного напряжения *ТПН*, имеющих на тепловозах. Такое питание обмоток обеспечивает большую стабильность характеристик, так как температура обмотки дополнительных полюсов генератора в этом случае не влияет на режим работы реле.

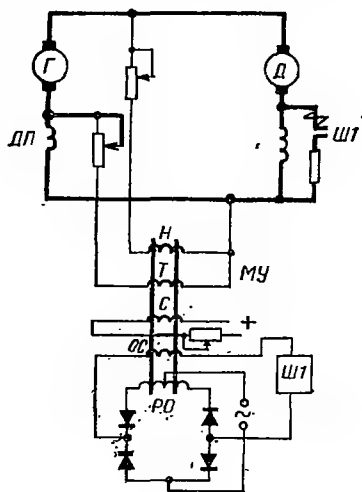
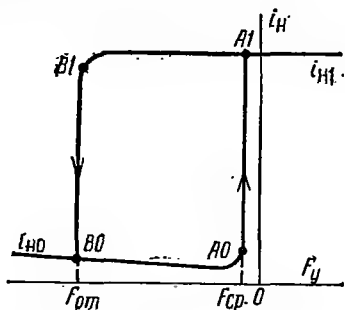


Рис. 145. Характеристика магнитного усилителя в релейном режиме:

F_y — суммарная намагничивающая сила (н. с.) обмоток управления; $i_{н}$ — ток выхода; $F_{ср}$ — н. с. срабатывания; $F_{от}$ — н. с. отпадания

Рис. 146. Принципиальная схема БРП1:

Г — главный генератор; *ОС* — обмотка обратной связи; *РО* — рабочая обмотка; *ДП* — обмотка дополнительных полюсов генератора; *С* — обмотка смещения; *МУ* — магнитный усилитель; *Ш1* — нагрузка

Бесконтактные реле перехода на транзисторах (триодах) БРП7 и БРП8 (рис. 147) на тепловозах 2ТЭ10Л, ТЭП60 и ТЭ109 состоят из узла формирования сигнала, собственно реле (триггер¹) и нагрузки.

Узел формирования сигнала должен обеспечивать сигнал U_y , зависящий от I_r и U_r главного генератора. Для этого используется имеющийся селективный узел СУ, получающий питание от ТПТ и ТПН.

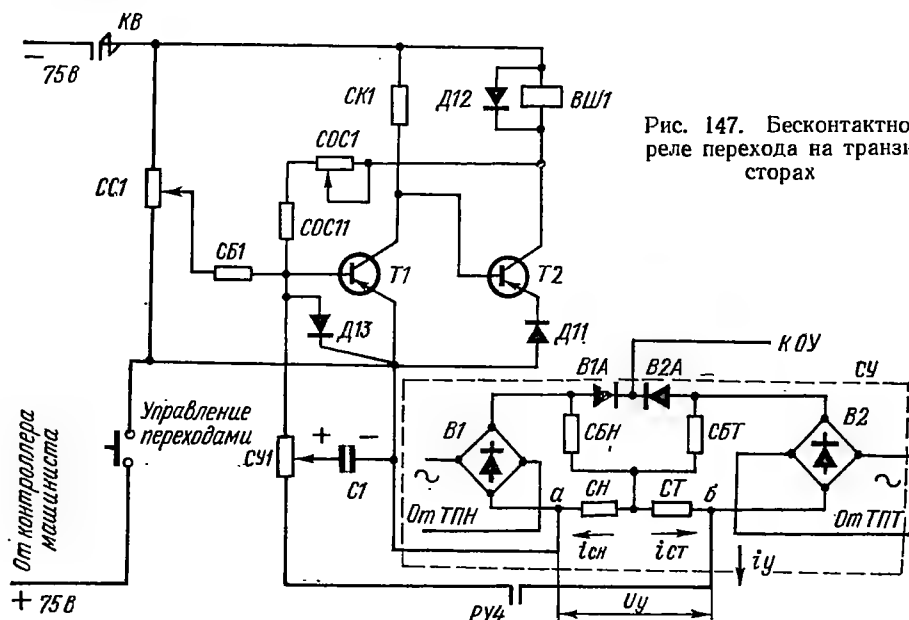


Рис. 147. Бесконтактное реле перехода на транзисторах

$T1$; $T2$ — транзисторы; $CS1$ — потенциометр; $COS1$ — резистор обратной связи; $CS1$ — резистор, с которого снимается управляющий сигнал; $C1$ — конденсатор; $D11$ — $D13$ — диоды; $B1$ — $B2$ — вентиль группового контактора; $СУ$ — селективный узел

Чтобы получить наиболее целесообразную форму характеристик срабатывания и отпадания реле перехода — параллельные наклонные прямые, схема СУ несколько изменена по сравнению с серийной. Балластные резисторы CBT и CBH включаются после выпрямительных мостов $B1$ и $B2$, добавляются два диода $B1A$ и $B2A$, два резистора CH , CT , по которым проходят токи i_{ch} и i_{ct} , пропорциональные U_r и I_r .

Реле представляет собой несимметричный триггер (коллектор $T1$ соединен с базой $T2$ накоротко, а коллектор $T2$ соединен с базой $T1$ через резистор $COS1$ с диодом $D11$ в цепи эмиттера выходного триода $T2$, который обеспечивает устойчивость режима закрытого триода $T2$. $D11$ используется в качестве нелинейного сопротивления, сни-

¹ Триггер имеет только два устойчивых состояния: триод выходной $T2$ закрыт (режим отсечки) или он полностью открыт (режим насыщения).

жающего потенциал эмиттера $T2$, чем предотвращается случайное срабатывание триггера.

Триггер состоит из двух триодов $T1$ и $T2$ типа П215 (реле БРП7), подключенных по схеме с общим эмиттером к одному источнику коллекторного напряжения 75 в. Нагрузкой для входного триода $T1$ является резистор $СК1$, а для выходного $T2$ — катушка вентиля группового контактора ослабления поля $ВШ1$. Цепь базы триода $T1$ соединена с источником смещения (потенциометр $СС1$) через резистор $СБ1$ и с коллекторной цепью триода $T2$ через резистор обратной связи $СОС1$. Цепь базы $T2$ соединена с коллектором $T1$ накоротко. Управляющий сигнал подается на вывод базы и эмиттера триода $T1$ через резистор $СУ1$. При разгоне тепловоза, когда I_t имеет большое

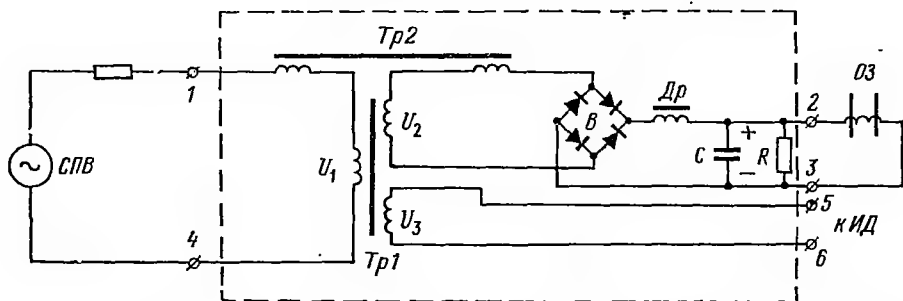


Рис. 148. Принципиальная схема бесконтактного тахометрического блока БА-430: СПВ — синхронный подвозбудитель; ОЗ — задающая обмотка выплиагата; ТР1, ТР2 — трансформаторы; В — выпрямительный мост на кремниевых диодах; Др — дроссель; С — конденсатор; ИД — индуктивный датчик

значение, сигнал U_y невелик и триод $T1$ открыт, а $T2$ закрыт. При малом значении I_t сигнал U_y большой, вследствие чего триод $T1$ закрыт, так как на его базу подается положительный потенциал, а триод $T2$ откроется и ток, проходящий через эмиттер-коллекторный переход, будет достаточный, чтобы вентиль $ВШ1$ включился.

Схема реле перехода второй ступени такая же.

БРП8 для тепловозов ТЭ109 имеют аналогичную схему, но выполнены на кремниевых транзисторах КТ805А.

Бесконтактный тахометрический блок БА-430. Тахогенераторы постоянного тока имеют ряд существенных недостатков. Они не обеспечивают точность регулирования, стабильность характеристики и надежность. Это происходит из-за реакции якоря, изменения переходного сопротивления щеточного контакта, гистерезиса магнитной цепи, изменения тока возбуждения тахогенератора вследствие нагрева обмоток и т. д. Поэтому в системах регулирования возбуждения главных генераторов взамен тахогенераторов используется бесконтактное тахометрическое устройство (БТ).

Тахометрическое устройство включает в себя: насыщенный трансформатор ТР1 (рис. 148), компенсирующий трансформатор ТР2, выпрямительный мост, сглаживающий фильтр (состоящий из дросселя ДР и конденсатора С) и резистор R. Тороидальный сердечник ТР1

выполнен из пермаллоя, а сердечник $TP2$ — из альсифера с малой магнитной проницаемостью. Обмотки трансформаторов залиты эпоксидным компаундом.

Напряжение от синхронного подвозбудителя подается на первичные обмотки трансформаторов $TP1$ и $TP2$, включенные последовательно и согласно. Средняя величина напряжения вторичной обмотки U_2 трансформатора $TP1$ зависит только от частоты питающего напряжения (рис. 149), так как сердечник этого трансформатора имеет прямоугольную петлю гистерезиса. Практически кривая намагничивания

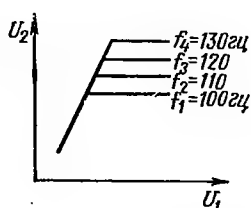


Рис. 149. Характеристики насыщенного трансформатора при разной частоте питающего тока

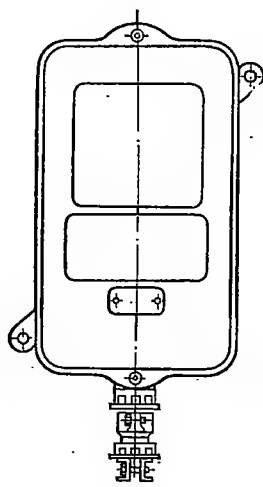


Рис. 150. Общий вид блока

насыщающего трансформатора из-за петли гистерезиса отклоняется от идеальной, вследствие чего образуются погрешности при изменении частоты.

Для снижения погрешности применен трансформатор $TP2$; вторичные обмотки $TP1$ и $TP2$ включены последовательно и встречно. Э. д. с. вторичной обмотки $TP2$ компенсирует ту часть э. д. с. вторичной обмотки $TP1$, которая вызывается изменением намагничивающего тока при насыщении сердечника.

Ранее применявшийся тахометрический блок БА-420 отличается от БА-430 отсутствием дополнительной вторичной обмоткой трансформатора $TP1$ для питания индуктивного датчика ИД.

Общий вид блока показан на рис. 150. Блок рассчитан на напряжение питания $U_1 = 110$ в, частоту $f = 50$ гц, максимальный ток нагрузки 1,5 а.

Зарядное устройство. Вместо реле обратного тока и контактора заряда батареи устанавливают силовой диод. Кремниевый диод типа ВК2-200-2Б включается между вспомогательным генератором ВГ и резистором заряда батареи СЗБ таким образом, чтобы ток мог проходить от генератора к батарее (рис. 151). Ток не будет проходить, если напряжение вспомогательного генератора станет ниже напряжения аккумуляторной батареи.

Диоды с воздушным охлаждением могут работать при температуре окружающей среды от -40 до $+120^{\circ}\text{C}$, значительной влажности и вибрации. Однако эти диоды обладают небольшой перегрузочной способностью, для защиты их от перегрузки используют предохранитель ПР-2.

Технические данные бесконтактного блока заряда ПБК-6011

Номинальное напряжение	75 в
Ток заряда	150 а
Скорость охлаждающего воздуха	не менее 12 м/сек

Регулятор мощности на полупроводниках. Регулятор мощности, разработанный в тепловозной лаборатории Московского института инженеров транспорта (МИИТ), для тепловоза ТЭЗ использует положительные свойства магнитных и полупроводниковых элементов.

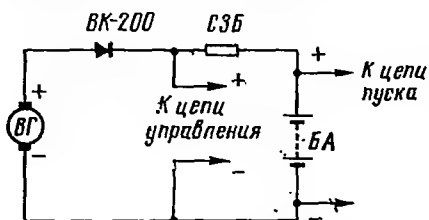


Рис. 151. Принципиальная схема узла заряда аккумуляторной батареи на полупроводниковом диоде

Бесконтактный индуктивный преобразователь ИП, якорь которого связан со штоком сервомотора регулятора числа оборотов дизеля, преобразует перемещение штока в электрический сигнал, который управляет полупроводниковым триодом Т (рис. 152).

Полупроводниковый силовой триод Т типа П210 включен параллельно части резистора

СВВ в цепи обмотки независимого возбуждения возбудителя. Триод выполняет роль переменного сопротивления, величина которого определяется управляющим током цепи эмиттер—база (Э-Б). Последний поступает от индуктивного преобразователя после выпрямления мостов В1, состоящих из диодов Д7Б. Силовой триод укреплен на панели из алюминиевого сплава, обеспечивающей достаточное охлаждение прибора во время работы.

Таким образом, регулятор мощности (рис. 153) включает в себя индуктивный преобразователь ИП с приводом, силовой полупроводниковый триод Т и бесконтактный преобразователь БП.

Индуктивный преобразователь ИП соленоидного типа имеет следующее устройство (рис. 154). На средней части катушки размещена первичная обмотка W_2 , питание которой осуществляется переменным током напряжением примерно 20 в. Вторичные обмотки W_1 и W_3 расположены по торцам катушки. Индуцированные в них э. д. с. направлены навстречу друг другу. Якорь и катушка помещены в стальной корпус.

Когда якорь преобразователя находится в среднем (по отношению к обмоткам) положении, э. д. с. на выходе равна нулю. При перемещении якоря от середины вниз или вверх на выходе появляется напряжение, величина которого пропорциональна перемещению. Перемеще-

ние якоря вверх осуществляется толкателем, укрепленным на верхней части штока сервомотора. Необходимая величина его обеспечивается за счет той части хода штока, которая остается не использованной после выдвижения реек топливных насосов «до упора». Для дизеля 2Д100 эта часть хода составляет около 10 мм.

Бесконтактный преобразователь напряжения БП (см. рис. 153) преобразует постоянный ток в переменный, необходимый для работы индуктивного преобразователя.

Триоды $T1$ и $T2$ и обмотки трансформатора Tr соединены между собой так, что постоянный ток попеременно проходит то по цепи эмиттер-коллектор $T1$ с обмоткой W'_k , то по цепи эмиттер-коллектор $T2$ с обмоткой W''_k . Происходит такое переключение за счет действия

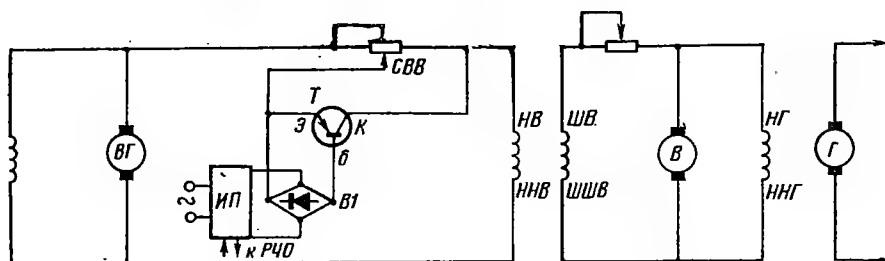


Рис. 152. Принципиальная схема бесконтактного регулятора мощности:

B — возбудитель; $СВВ$ — резисторы в цепи независимой обмотки возбуждения возбудителя; T — полупроводниковый триод; $Э$ — эмиттер; K — коллектор; B — база; $ИП$ — индуктивный преобразователь; $B1$ — выпрямительный мост; $РЧО$ — регулятор числа оборотов; $НВ$ — $ННВ$ — независимая обмотка возбуждения возбудителя; $ШВ$ — $ШШВ$ — параллельная обмотка возбуждения возбудителя; $НГ$ — $ННГ$ — независимая обмотка возбуждения главного генератора

э.д. с., наводимых в обмотках обратной связи W'_{oc} и W''_{oc} . При этом в сердечнике трансформаторов возникает переменный поток, а в выходной обмотке $W_{вых}$ — переменное напряжение.

В существующей схеме регулятор мощности работает только на 16-й позиции рукоятки контроллера машиниста.

Когда рейки топливных насосов не стоят на упоре, при уменьшении свободной мощности дизеля скорость вращения коленчатого вала уменьшается. Шток сервомотора, перемещаясь вверх, увеличивает подачу топлива; заданная скорость вращения восстанавливается.

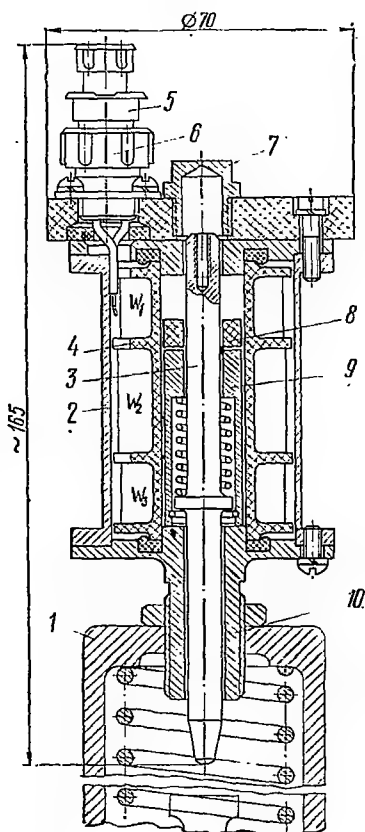
Якорь индуктивного преобразователя в это время находится в крайнем нижнем положении. Ток на его выходе, а следовательно, и ток возбуждения будут наибольшими, поскольку сопротивление выходной цепи триода T в данном случае наименьшее.

Если же рейки насосов дойдут до упора, то шток сервомотора, перемещаясь далее вверх за счет сжатия пружины (подача топлива не меняется, так как коромысло механизма управления неподвижно), толкателем начинает двигать вверх якорь индуктивного преобразователя. Это приводит к уменьшению сигнала на его выходе, и мощность генератора понижается до тех пор, пока не восстановится заданная скорость вращения вала дизеля.

The diagram illustrates the electrical system of a diesel engine. It includes a battery (БПМ) connected to a generator (Г) through a circuit with a relay (РП1) and a switch (СВВ). The generator is connected to a diesel regulator (К регулятору дизеля) through a circuit with a relay (РП2) and a switch (СВВ). The system also includes a relay (РП) and a switch (СВВ) connected to the battery. The diagram shows the wiring for the battery, generator, and various electrical components, including relays and switches, and their connection to the diesel engine's regulator.

БП — бесконтактный преобразователь постоянного тока в переменный; **ИП** — индуктивный преобразователь; **Т** — силовой трюнд; **Тр** — трансформатор; **РУ1** — блокировочные контакты реле управления; **СВВ** — резисторы в цепи независимого возбуждения возбуждателя

1 — колпак пружины сервомотора регулятора числа оборотов; 2 — индуктивный преобразователь; 3 — шток сервомотора; 4 — катушка; 5 — вилка блочная; 6 — розетка блочная; 7 — пробка; 8 — упор; 9 — якорь; 10 — крышка нижняя



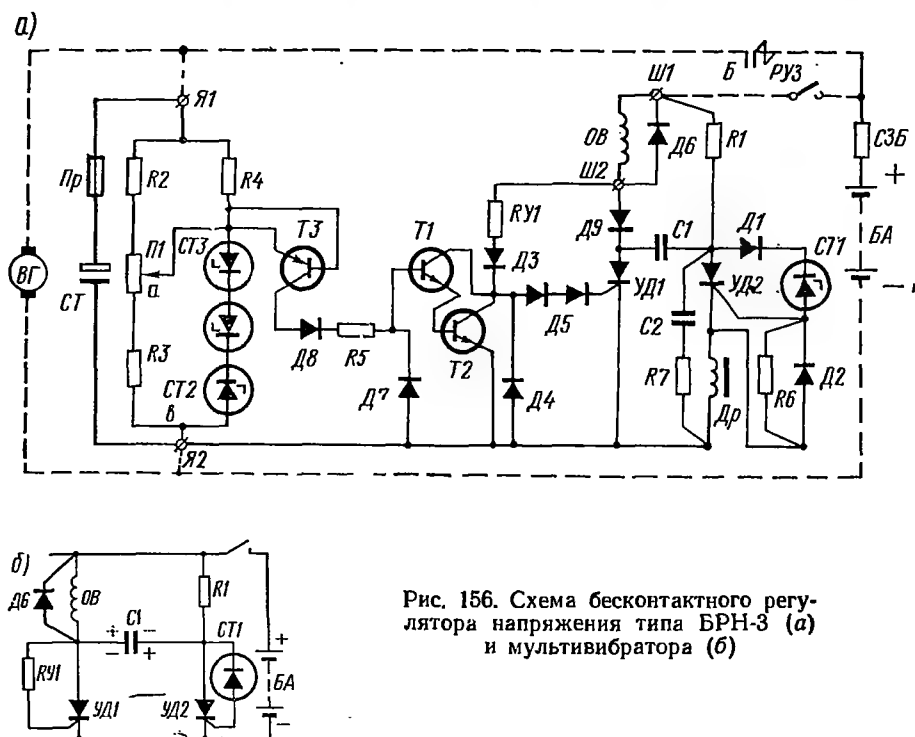
В остальном уход за регулятором мощности в эксплуатации сводится к наблюдению за креплением толкателя, индуктивного преобразователя, проводов с наконечниками, клемм и пр.

174

на изменение напряжения вспомогательного генератора. *СТЗ* — является термокомпенсатором.

Регулирующий орган включает два тиристора *УД1* и *УД2*, диоды *Д1—Д6*, *Д9*, стабилитрон *СТ1*, конденсатор *С1*, резисторы *Р1*, *Р6*, *Р7* и *РУ1* и дроссель *ДР*. Обмотка возбуждения *Ш1—Ш2* (*ОВ*) служит нагрузкой для регулирующего органа.

Регулирующий орган представляет собой мультивибратор (рис. 156, б), собранный на двух тиристорах *УД1* и *УД2*, элементом



управления служит резистор *РУ1* величиной 1200 ом, обеспечивающий открытие *УД1*. Такие схемы позволяют изменять полярность напряжения на силовых электродах тиристора и используются в цепях постоянного тока для запираания тиристора.

После включения рубильника подается отпирающий (положительный) импульс на управляющий электрод тиристора *УД1* через обмотку возбуждения *ОВ* и резистор *РУ1* и тиристор открывается. Вследствие этого по обмотке возбуждения вспомогательного генератора потечет значительный ток (через анод—катод *УД1*); одновременно конденсатор *С1* заряжается через *Р1* (полярность «+», «—» указана сплошными линиями). Для закрытия тиристора *УД1* необходимо подать отпирающий импульс на управляющий электрод тиристора *УД2*. По мере накопления заряда и увеличения напряжения на конден-

саторе *С1* пробивается стабилитрон *СТ1* и подается отпирающий импульс на управляющий электрод *УД2* и он открывается.

При отпирании тиристора конденсатор *С1* разряжается через *УД2* и еще открытый *УД1*. При этом на тиристор *УД1* мгновенно подается обратное напряжение, которое и закрывает его. После закрытия тиристора *УД1* происходит перезаряд конденсатора *С1* через обмотку возбуждения *ОВ* и открытый тиристор *УД2* (полярность указана пунктирными линиями). Тиристор *УД1* открывается, а *УД2* закрывается разрядным током конденсатора, и процесс повторяется с частотой, достигающей 600 *гц*.

Схема настраивается при помощи движка потенциометра *П1* таким образом, что при напряжении, равном 75 *в*, падение напряжения на участке *а—в* становится равным «напряжению пробоя» стабилитрона *СТ2*, вследствие чего его сопротивление резко падает и триоды *Т1—Т3* открываются, шунтируя переход «управляющий электрод—катод» тиристора *УД1*.

Ток управления падает до нуля и *УД1* закрывается, следовательно, ток возбуждения уменьшается. Напряжение вспомогательного генератора уменьшается до тех пор, пока падение напряжения на участке *а—в* не станет ниже напряжения пробоя стабилитрона *СТ2*. Спротивление *СТ2* резко возрастает и триоды *Т1—Т3* закрываются. При этом схема переходит в режим наибольшей отдачи, т. е. тиристор *УД1* откроется и по обмотке возбуждения потечет большой ток. Напряжение генератора увеличится, и процесс повторяется. В регуляторе возникает колебательный процесс, частота которого зависит от параметров цепи возбуждения вспомогательного генератора (около 60 *гц*).

Напряжение генератора регулируется изменением среднего значения тока возбуждения, которое зависит от времени включенного состояния тиристора *УД1* в течение периода колебательного процесса. Диоды *Д1—Д4* предназначены для защиты переходов «управляющий электрод—катод» тиристоров *УД1* и *УД2* от обратных напряжений, возникающих при перезаряде конденсатора *С*. Диод *Д4* также защищает эмиттер-коллекторный переход триода *Т2* и переход база—коллектор *Т1*.

Диод *Д5* создает отрицательное смещение на управляющем электроде тиристора *УД1*, что обеспечивает отсечку тока управления при открытом триоде *Т2*. Диод *Д7* уменьшает токи утечки *Т1*. Диод *Д9* (отсекающий) предотвращает самопроизвольные автоколебания.

Дроссель *ДР* защищает тиристор *УД2* от коммутационных импульсов. Резистор *Р6* повышает стабильность работы цепи управления тиристора *УД2*. Цепочка *Р7—С2* повышает помехоустойчивость регулятора. Конструкция регулятора показана на рис. 157.

Комплексное противобоксовочное устройство для тепловозов 2ТЭ10Л. Не совсем удовлетворительные противобоксовочные свойства тепловозов 2ТЭ10Л вызывают затруднения в эксплуатации. Научно-исследовательские институты транспорта и промышленности совместно с Ворошиловградским тепловозостроительным заводом разработали комплекс устройств, обеспечивающих повышение исполь-

зования сцепного веса и эффективное обнаружение и прекращение боксования колесных пар.

Исследования показали, что, чем круче тяговая характеристика электродвигателя $F_{\text{кдв}} = f(v)$, тем меньшая вероятность развития

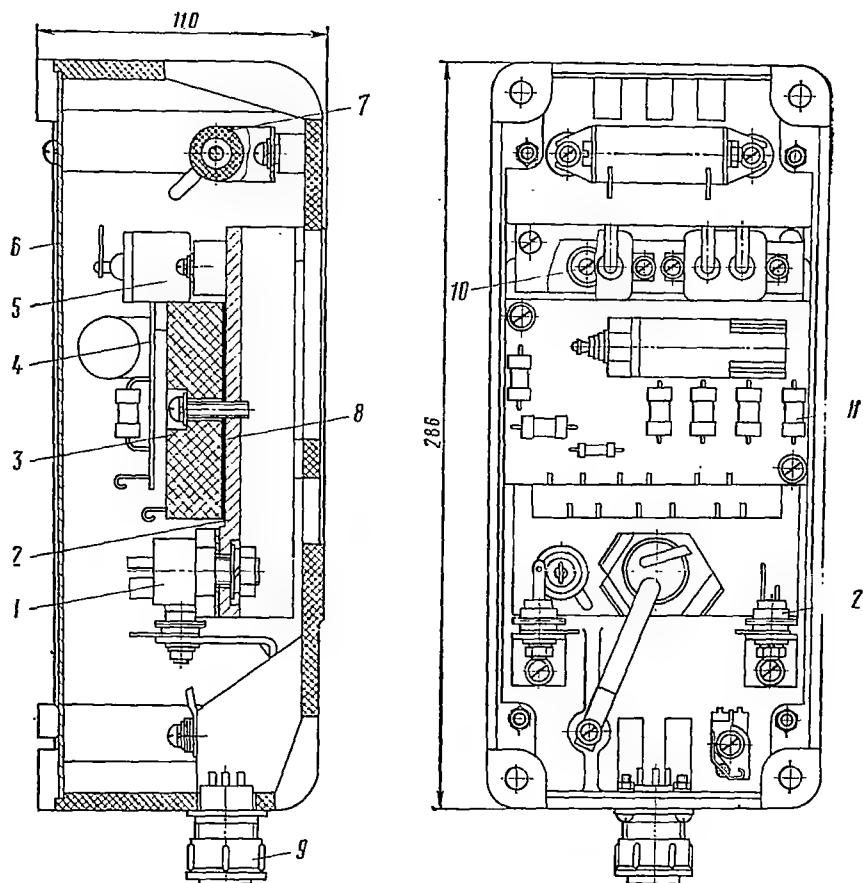


Рис. 157. Панель регулятора БРН-3

1 — тиристор УД1; 2 — радиатор; 3 — нижнее плато с печатным монтажом; 4 — верхнее плато; 5, 10 — конденсаторы; 6 — крышка; 7 — резистор; 8 — изоляция; 9 — штепсельный разъем; 11 — предохранители; 12 — тиристор УД2

боксования. Крутизна тяговой характеристики двигателя боксующей колесной пары зависит от схемы соединения тяговых электродвигателей и характера изменения подводимого к ним напряжения. При параллельном подключении двигателей, которое используется на тепловозах 2ТЭ10Л, и прочих равных условиях крутизна тяговой характеристики будет больше, чем при последовательно-параллельном, примененном на тепловозах ТЭЗ.

Но для условий тепловозной тяги, где генератор имеет гиперболическую характеристику на двух участках внешней характеристики генератора (ограничения пускового тока—*аб* и обеспечения полной

мощности—бв, см. рис. 4), уменьшение тока генератора сопровождается увеличением его напряжения. Боксование колесных пар на указанных участках характеристики генератора вызывает такой же процесс, так как ток соответствующих электродвигателей, а следовательно, и генератора уменьшается. Увеличение напряжения генератора приводит к менее интенсивному уменьшению силы тяги электродвигателей боксующих колесных пар и к некоторому повышению ее у небоксующих, что способствует развитию боксования. С ростом числа боксующих колесных пар ток генератора уменьшается, а напряжение повышается, и если не принять мер, то боксование может лавинообразно распространиться на все колесные пары.

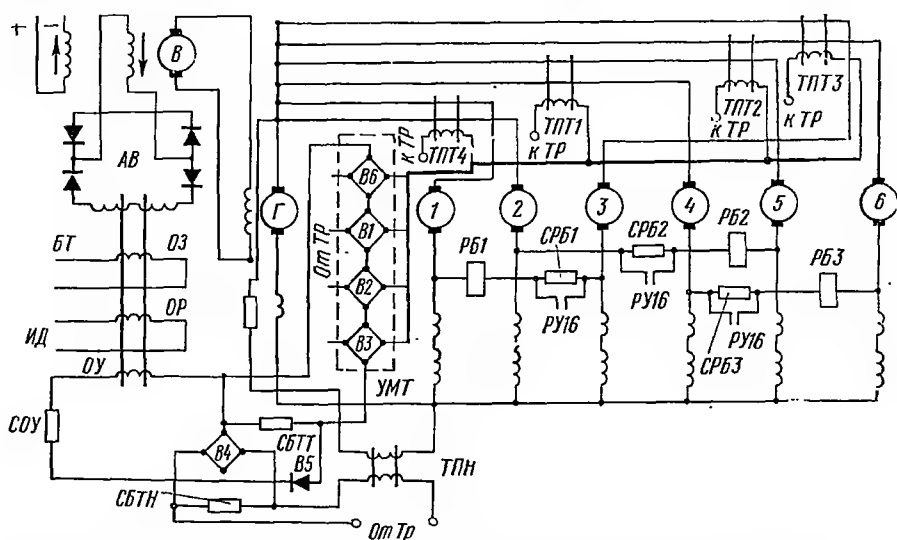


Рис. 158. Принципиальная схема устройства, обеспечивающего динамически жесткие характеристики генератора при боксовании:

Г — генератор; 1—6 — тяговые электродвигатели; ТПТ1—ТПТ4 — трансформаторы постоянного тока; В1—В5 — выпрямительные мосты; РБ1—РБ3 — катушки реле боксования; СРБ1—СРБ3 — резисторы в цепи катушек реле боксования; АВ — амплитет возбуждения; УМТ — узел выделения максимального тока; БТ — бесконтактный тахометрический блок; ИД — индуктивный датчик; ТР — трансформатор распределительный

Влияние внешней характеристики генератора на развитие боксования колесных пар наиболее интенсивно сказывается на участке аб, т. е. при трогании и разгоне тепловоза, вследствие большого роста напряжения при незначительном уменьшении тока. После выхода на гиперболическую часть характеристики (бв) влияние ее на развитие боксования уменьшается, но и на этом участке характеристики при боксовании колес напряжение генератора также может сильно возрасти.

Если напряжение генератора при боксовании остается неизменным, то сила тяги электродвигателей боксующих колесных пар в зависимости от скорости будет уменьшаться более интенсивно, чем при гиперболической характеристике, а сила тяги небоксующих двигателей

будет оставаться постоянной. При такой характеристике боксование одной или группы колесных пар не будет вызывать боксование других. Следовательно, при отсутствии боксования генератор должен работать по обычной внешней характеристике, а при возникновении боксования — при постоянном напряжении. Такие характеристики называли динамическими жесткими характеристиками генератора по напряжению.

Динамические жесткие характеристики на тепловозе 2ТЭ10Л получены регулированием возбуждения генератора с использованием сигнала, пропорционального току тяговых электродвигателей небоксующих колесных пар. Для измерения токов в цепи каждого электродвигателя включены трансформаторы постоянного тока (рис. 158), сигналы от которых поступают к диодным мостам $B1—B4$, включенным последовательно (узел выделения максимального тока УМТ), вследствие чего на выходе образуется сигнал, пропорциональный наибольшему из токов тяговых двигателей. Этот сигнал подается в селективный узел, в который поступает также сигнал от трансформатора постоянного напряжения ТПН. В селективном узле формируется ток i_{Σ} , протекающий по обмотке управления ОУ амплитата возбуждения АВ; ток в задающую обмотку поступает от бесконтактного блока задания БТ; а в регулировочную — от индуктивного датчика ИД объединенного регулятора. От АВ через выпрямитель питается обмотка независимого возбуждения возбуждителя В.

Уменьшение сопротивления движению при отсутствии боксования вызывает одновременное уменьшение токов всех электродвигателей, и, следовательно, напряжение генератора увеличивается по обычной гиперболической характеристике. При боксовании колесной пары ток электродвигателя, связанного с ней, уменьшается, но так как ток электродвигателей небоксующих колесных пар не снижается, то на выходе УМТ сигнал не уменьшается; следовательно, напряжение генератора не увеличивается, т. е. генератор работает по жесткой характеристике. Жесткая характеристика генератора сохраняется при одновременном боксовании до 5 колесных пар.

Для лучшей работы устройств прекращения боксования в схему тепловоза 2ТЭ10Л внесен ряд изменений: катушки реле боксования включены на обмотки добавочных и главных полюсов электродвигателей, что повысило чувствительность реле в режиме ослабленного поля; на полном поле в цепь катушек реле последовательно включаются добавочные резисторы СРБ1—СРБ3 с тем, чтобы понизить чувствительность реле. Прекращение боксования после срабатывания одного из реле происходит путем частичного снижения напряжения генератора (уменьшение тока задающей обмотки амплитата) со ступенчатым его восстановлением. Одновременно воздействуют на объединенный регулятор дизель-генератора с тем, чтобы ток в регулировочной обмотке амплитата не увеличивался при периодической работе реле боксования, т. е. чтобы мощность генератора не повышалась. Блокируются также контакторы ослабления поля с тем, чтобы они не включались во время работы реле боксования, так как это приводит к возникновению колебания нагрузки.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

§ 1. УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЗОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

Источником энергии на тепловозе является дизель. Дизель может работать при различных значениях мощности (от минимальной до номинальной) и различных скоростях вращения.

Дизель снабжен регулятором числа оборотов. На большинстве тепловозов установлен центробежный гидромеханический регулятор, поддерживающий скорость вращения дизеля неизменной.

Величина скорости вращения, поддерживаемая регулятором, зависит от затяжки его пружины. Машинист, управляя тепловозом, перемещает рукоятку контроллера, которая может занимать ряд позиций (8—16). При перемещении рукоятки с помощью специального устройства дистанционно изменяется затяжка пружины регулятора и коленчатый вал дизеля приобретает иную скорость вращения. По мере увеличения скорости вращения коленчатого вала увеличивается мощность, которую дизель может отдавать в электропередачу.

Перемещением рукоятки контроллера с позиции «Холостой ход» на рабочие позиции обеспечивается питание цепей катушек реверсора, контакторов возбуждения главного генератора и поездных контакторов, присоединяющих электродвигатели к главному генератору. Кроме того, на различных позициях включается и отключается ряд реле управления.

Кнопочные выключатели и автоматы на пульте машиниста служат для включения цепей электродвигателей, топливного и маслоподкачивающего насосов, калорифера, пуска дизеля, управления холодильником и жалюзи, освещения и др.

Регулирование напряжения главного генератора тепловоза ТЭЗ. На тепловозах ТЭЗ применен возбудитель с поперечным расщеплением полюсов.

Возбудитель имеет шесть полюсов, четыре из которых со слабым магнитным насыщением, т. е. они являются ненасыщенными полюсами, а два с уменьшенным сечением в верхней части (магнитные мостики), вследствие чего при некоторых режимах они получают значительное насыщение, т. е. являются насыщенными полюсами. На них расположены параллельная $III B-III B$ и дифференциальная $O-O O$ обмотки, намагничивающие силы которых направлены навстречу друг другу (рис. 159, 160).

Параллельная обмотка через резистор R_2 подключена на напряжение возбудителя. Обмотка дифференциальная с добавочным резистором

$R3$ присоединена параллельно обмотке дополнительных полюсов $ДП$ главного генератора, поэтому протекающий по ней ток пропорционален току генератора. Ток дифференциальной обмотки равен $1/30—1/50$ тока нагрузки генератора.

На ненасыщенных полюсах находится основная обмотка независимого возбуждения ($НВ—ННВ$), питаемая током от вспомогательного генератора. Э. д. с., создаваемая этой обмоткой, не зависит от нагрузки. Намагничивающая сила последовательной обмотки ($КВ—ККВ$) действует согласно с намагничивающей силой независимой обмотки и служит для компенсации размагничивающего действия реакции якоря.

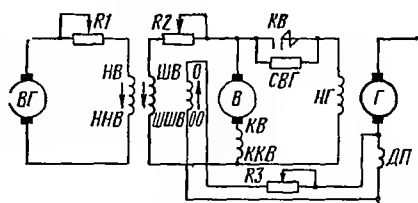


Рис. 159. Упрощенная схема возбуждения генератора тепловоза ТЭЗ

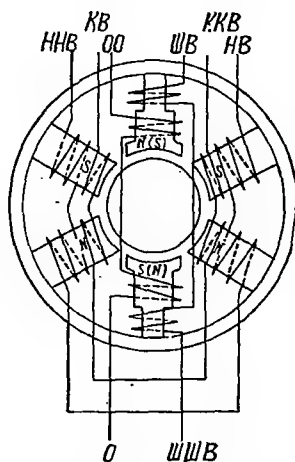


Рис. 160. Схема возбудителя с поперечным расщеплением полюсов

Практически можно считать, что магнитные потоки ненасыщенных и насыщенных полюсов не зависят друг от друга, т. е. что магнитная система возбудителя состоит из двух самостоятельных систем потоков.

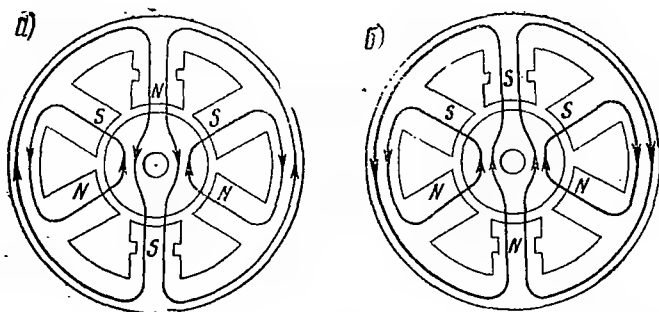
При малых токах генератора направление магнитного потока насыщенных полюсов определяется потоком параллельной обмотки. Полярность полюсов возбудителя будет при этом такой же, как у обычных генераторов постоянного тока (после полюса N идет полюс S , далее снова N и т. д.), и возбудитель работает как шестиполюсный генератор.

При увеличении тока главного генератора поток, создаваемый дифференциальной обмоткой, возрастает и в определенный момент становится больше потока параллельной обмотки. При этом полярность насыщенных полюсов изменяется (на рис. 160 полярность указана в скобках) и возбудитель работает как двухполюсный генератор. Распределение потоков показано на рис. 161.

Якорь возбудителя имеет волновую обмотку, поэтому э. д. с., наводимая в проводниках секций, определяется суммой э. д. с., индуктируемых в проводниках всеми шестью полюсами. Изменение направления потока двух полюсов вызовет перемену направления э. д. с.,

Рис. 161. Распределение магнитного потока возбуждения:

а — полярность при малых токах генератора; б — полярность при больших токах



индуктируемой этими полюсами, т. е. последняя будет вычитаться из э. д. с., индуктируемых потоком остальных четырех полюсов.

Такое суммирование или вычитание э. д. с. будет происходить во всех секциях. Поэтому суммарная э. д. с. между щетками возбуждителя равна

$$E_B = E_I + E_{II},$$

где E_I — э. д. с., наводимая в обмотке якоря ненасыщенными полюсами;

E_{II} — э. д. с., наводимая в обмотке якоря насыщенными полюсами.

Таким образом, возбуждатель можно рассматривать как двухполюсный генератор с разделением каждого полюса в поперечной плоскости (по дуге полюсного деления) на три части. Магнитный поток средней части изменяется по величине и направлению в зависимости от соотношения составляющих потоков параллельной и дифференциальной обмоток. Характеристика возбуждателя, полученная графическим способом, показана на рис. 162.

Кроме указанных обмоток, на ненасыщенных полюсах расположены обмотки регулировочная и ограничения, которые служат для дополнительного автоматического регулирования мощности генератора и пускового тока.

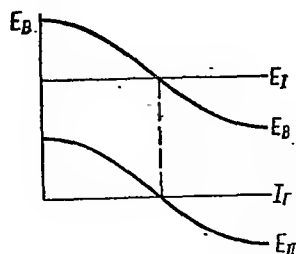


Рис. 162. Кривая э. д. с. возбуждателя

§ 2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Тяговые электродвигатели, применяемые в настоящее время, имеют последовательное возбуждение и получают питание от главного генератора.

Ряд научно-исследовательских организаций ведут работы по применению для тепловозов электродвигателей с независимым и смешанным возбуждением.

В процессе работы электрической передачи напряжение главного генератора в основном уравнивает противо-э. д. с., образующуюся на якорях электродвигателей при их вращении. Кроме того, на-

пряжение падает также на суммарном сопротивлении силовой цепи, в которое входят сопротивления подводящих кабелей, обмоток якорей, главных и дополнительных полюсов электродвигателей. Однако эта величина составляет лишь незначительную часть напряжения главного генератора. Приближенно можно полагать, что напряжение генератора практически полностью уравнивается противо-э. д. с. тяговых электродвигателей, соединенных последовательно.

Примерное равенство противо-э. д. с. электродвигателей и напряжения главного генератора соблюдается при всех режимах работы электрической передачи.

Чтобы обеспечить полное использование мощности дизеля, электрическая передача должна поддерживать постоянный номинальный момент на валу дизеля при его номинальной скорости вращения во всем диапазоне скоростей движения тепловоза.

Выше было показано, что для осуществления этого требования произведение тока и напряжения главного генератора должно быть неизменной величиной¹, т. е. генератор должен иметь на внешней характеристике участок гиперболической формы (см. рис. 4).

На характеристике точка *a* соответствует моменту трогания тепловоза с места. В этой точке напряжение генератора имеет минимальную величину, но так как якоря тяговых электродвигателей неподвижны, то на их зажимах противо-э. д. с. отсутствует, поэтому из-за малой величины сопротивлений обмоток якоря, главных и дополнительных полюсов электродвигателя падение напряжения в цепи каждого двигателя незначительно.

После того как тепловоз тронется с места и якоря электродвигателей начнут вращаться, на их зажимах образуется противо-э. д. с. Ее величина пропорциональна скорости вращения якорей и току возбуждения, протекающему по обмоткам главных полюсов электродвигателей.

В момент приведения тепловоза в движение желательно поддерживать ток примерно постоянным (см. участок характеристики *ab* на рис. 4). При неизменном токе противо-э. д. с. двигателей с последовательным возбуждением будет по мере разгона возрастать в той же степени, что и скорость движения. В такой же степени должно увеличиваться и напряжение главного генератора. В точке *b* характеристики мощность дизель-генератора возрастает до номинальной величины. Дальнейший подъем напряжения при постоянной величине тока невозможен, так как это вызовет перегрузку дизеля. Участок внешней характеристики *ab* называется *характеристикой ограничения тока*. При последующем разгоне рост напряжения должен сопровождаться снижением тока вдоль гиперболической характеристики.

Участок внешней характеристики *bc* называется *характеристикой ограничения мощности*. В некоторой точке *d* на гиперболической характеристике наступает так называемый *длительный режим электрической передачи*. При такой величине тока, а также и при всех его

¹ Предполагается, что рукоятка контроллера машиниста поставлена в крайнее положение.

меньших значениях электрическая передача может работать неограниченно долго, причем электрические машины и аппараты нагреваются в допустимых пределах.

При работе вдоль гиперболической части характеристики ток возбуждения двигателей убывает при росте напряжения. Убывание тока замедляет рост противо-э. д. с. двигателей при разгоне. Поэтому на этом участке характеристики при увеличении скорости движения напряжение генератора должно возрасти в меньшей степени, чем скорость. Таким образом, по мере увеличения скорости вращения тяговых двигателей напряжение генератора должно неуклонно возрастать. От точки длительного режима до режима конструктивной скорости движения скорость вращения электродвигателей изменяется в 4—5 раз, при этом напряжение генератора, если не принять специальных мер, увеличивается в среднем в 2,5 раза.

Чтобы повысить напряжение генератора сверх длительного (номинального) значения, необходимо увеличить размеры и вес генератора, но так как генератор установлен в кузове тепловоза, где габариты жестко ограничены, то необходимо стремиться по возможности уменьшить размеры генератора прежде всего за счет уменьшения диапазона изменения его напряжения. С этой точки зрения приведенная выше величина диапазона (2,5) является совершенно неприемлемой. Стремясь свести диапазон изменения напряжения генератора к допустимой величине (1,5 или менее), принимают специальные меры по регулированию электродвигателей: *ослабление поля и последовательно-параллельное переключение*.

Предположим, что в процессе разгона напряжение генератора уже возросло до максимальной величины (точка *в* на внешней характеристике), а скорость движения еще далеко не достигла максимального значения. Если не принять мер, то генератор при дальнейшем разгоне будет работать вдоль участка внешней характеристики *вг* (см. рис. 4). На этом участке напряжение генератора практически не возрастает, следовательно, и противо-э. д. с. электродвигателей при разгоне остается примерно постоянной, что может быть достигнуто только за счет быстрого уменьшения тока. На этом участке ток снижается примерно в такой же степени, в какой возрастает скорость.

На участке *вг* внешней характеристики мощность дизеля уже не является номинальной (полной) и ее величина быстро снижается из-за уменьшения величины тока.

Чтобы не допустить работы на участке *вг* и потери мощности, применяют ослабление магнитного потока электродвигателей шунтированием обмоток возбуждения (см. рис. 8). Обмотки шунтируются в тот момент, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. Включение шунтирующего резистора приводит к тому, что часть тока якоря электродвигателя ответвляется в этот резистор и ток возбуждения электродвигателя, таким образом, значительно уменьшается. Уменьшение тока возбуждения приводит к уменьшению противо-э. д. с. электродвигателя. Напряжение генератора вследствие этого в первый момент начинает значительно превосходить противо-э. д. с. электродвигателей, что приводит к резкому возрастанию тока.

При гиперболической внешней характеристике генератора увеличение тока приводит к соответствующему снижению напряжения генератора. При каком-то значении тока (большем, чем исходное значение, при котором включались резисторы) напряжение генератора вновь приблизится по величине к противо-э. д. с. электродвигателей и уменьшится настолько, что увеличение силы тока прекратится.

Таким образом, при ослаблении поля ток генератора возрастает, а напряжение убывает вдоль гиперболической характеристики, но

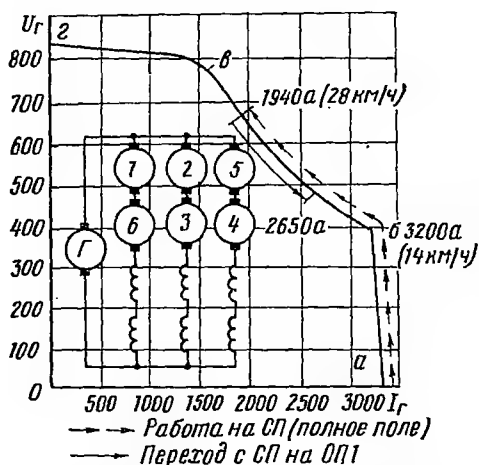


Рис. 163. График, иллюстрирующий переход с полного поля тяговых электродвигателей на первую ступень ослабления поля ОП1

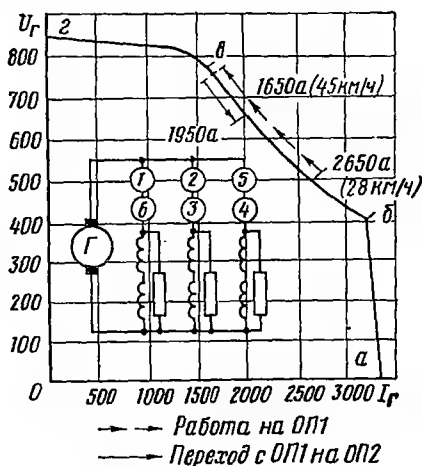


Рис. 164. График, иллюстрирующий переход с первой ступени ослабления поля ОП1 на вторую ступень ослабления ОП2

скорость вращения электродвигателей за это время не успевает практически измениться, т. е. без изменения режима движения тепловоза режим генератора (и электродвигателей) изменяется так, что появляется возможность повышения напряжения генератора при дальнейшем разгоне. Другими словами, при подключении шунтирующих резисторов гиперболический участок внешней характеристики генератора при разгоне может использоваться дважды.

Обычно применяют две ступени ослабления поля, что позволяет трижды использовать во время разгона тепловоза один и тот же гиперболический участок внешней характеристики генератора и при широком диапазоне изменения скорости движения тепловоза добиться сравнительно узкого диапазона изменения напряжения генератора.

В качестве примера рассмотрим работу электрической передачи тепловоза ТЭЗ в процессе разгона и замедления поезда.

В начале разгона поезда ток генератора поддерживается почти постоянным — равным примерно 3300 А. Мощность дизеля в этой зоне используется не полностью, так как напряжение незначительно (участок аб, рис. 163). С увеличением скорости движения нагрузка

падает, и при токе генератора I_g , равном 3200 а, и скорости v , равной 14 км/ч, начинается работа по гиперболической части характеристики. С этого момента генератор спинает с дизеля полную мощность, и как только скорость тепловоза v будет равна 28 км/ч, что соответствует току $I_g = 1940$ а, в тяговых электродвигателях совершится переход на ослабленное поле первой ступени (ОП1). Вследствие этого перехода ток генератора возрастет до 2650 а, скорость тепловоза будет увеличиваться, а нагрузка уменьшаться.

В тот момент когда скорость тепловоза достигнет 45 км/ч, что соответствует току 1650 а (рис. 164), совершится переход на вторую ступень ослабления поля (ОП2).

Во время этого перехода ток возрастет до 1950 а. После перехода скорость тепловоза будет продолжать увеличиваться, а нагрузка уменьшаться. Когда нагрузка станет меньше 1650 а, мощность дизеля уже не будет использоваться полностью, наступит ограничение по возбуждению.

При вступлении поезда на подъем скорость тепловоза будет падать, а ток генератора возрастать. Когда скорость снизится до 34 км/ч, произойдет обратный переход со второй ступени ослабления поля на первую ступень, ток упадет с 2420 до 2120 а (рис. 165). При дальнейшем возрастании нагрузки и уменьшении скорости до 24 км/ч отключится первая ступень ослабления поля ОП1. Ток генератора уменьшится с 2600 до 2300 а. Если в соответствии с профилем пути нагрузка будет продолжать увеличиваться, а скорость движения уменьшаться, то полная мощность дизеля будет использоваться до тех пор, пока ток генератора не станет равным 3200 а, после чего электрическая передача вновь работает на участке ограничения тока.

Тем же целям служит последовательно-параллельное переключение электродвигателей. Представим себе, что два двигателя на тепловозе соединены последовательно и получают питание от главного генератора, напряжение которого достигло максимального значения в то время, когда требуется дальнейший разгон тепловоза с поездом. Если не принять специальных мер, то работа генератора при разгоне будет происходить вдоль участка ab внешней характеристики (см. рис. 4), где мощность дизеля полностью не используется. Чтобы этого не произошло, переключим электродвигатели из последовательного соединения в параллельное. Вследствие этого суммарная противо-э. д. с. электродвигателей понизится вдвое и ток генератора начнет расти. При дальнейшем увеличении тока в такой же степени умень-

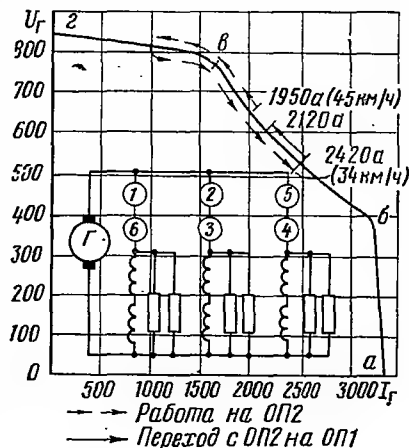


Рис. 165. График, иллюстрирующий переход со второй ступени ослабления поля ОП2 на первую ступень ослабления поля ОП1

шится напряжение генератора вдоль гиперболической характеристики и процесс увеличения тока будет продолжаться до тех пор, пока напряжение примерно не сравняется с новым уменьшенным значением суммарной противо-э. д. с. электродвигателей.

Поскольку генератор продолжает работать на гиперболическом участке внешней характеристики, то в результате переключения мощность в электрической передаче не изменится. Скорость движения (вращения электродвигателей) также не изменится, так как процесс переключения занял всего лишь 1—2 сек.

Известно, что момент (тяговое усилие) электродвигателя пропорционален отношению мощности к скорости вращения. Как было показано, обе эти величины в процессе переключения практически не изменились, следовательно, не изменилась и величина момента электродвигателя, а так как момент электродвигателя последовательного возбуждения пропорционален току, протекающему по обмоткам якоря и главных полюсов, то при неизменном моменте и ток каждого электродвигателя должен сохранить исходную величину.

В нашем случае, когда два последовательно соединенных электродвигателя переключаются параллельно, их общий ток (ток генератора) должен увеличиться в 2 раза. Соответственно в 2 раза должно понизиться напряжение генератора.

В общем случае при переключении напряжение генератора убывает, а ток возрастает во столько раз, во сколько увеличивается число параллельных цепей электродвигателей. Следовательно, в результате переключения электродвигателей без изменения режима движения тепловоза с поездом режим работы главного генератора изменяется таким образом, что появляется возможность вновь увеличивать его напряжение при дальнейшем разгоне, т. е. гиперболический участок внешней характеристики генератора используется дважды.

Переключение электродвигателей с последовательного на последовательно-параллельное соединение, а также шунтирование обмоток возбуждения применяют на тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1. На тепловозах ТЭЗ, ТЭ10, ТЭП60, ТЭМ2, 2ТЭ10Л, ТЭ109 переключение электродвигателей не применяется, так как оно усложняет электрическую схему и снижает надежность работы электропередачи. На этих машинах используют две ступени ослабления поля электродвигателей.

Чтобы включить или отключить ослабление поля электродвигателей в определенных точках внешней характеристики генератора, а также подать сигнал для последовательно-параллельного переключения электродвигателей, на тепловозах применяют реле перехода.

Описание конструкции реле и схемы подключения для тепловоза ТЭЗ приведено в главе III.

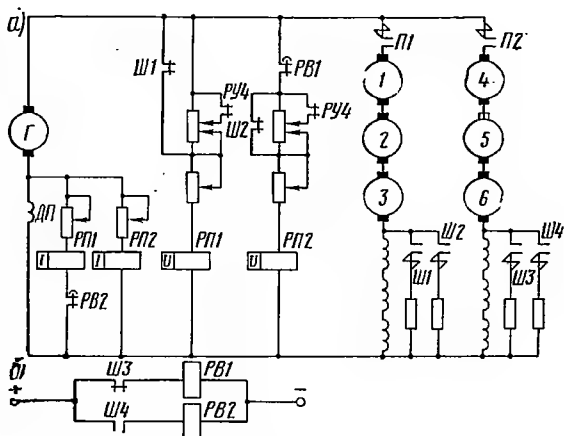
На тепловозах ТЭМ2 применена схема включения реле перехода, позволяющая предельно раздвинуть характеристики срабатывания и отпадания реле и тем самым уменьшить опасность возникновения звонковой работы (рис. 166). В этом случае характеристики первого и второго реле перехода настраивают одинаково, т. е. так, чтобы они совпадали.

Реле перехода *РП1* управляет контакторами ослабления поля первой ступени *Ш1* и *Ш3*, реле *РП2* — контакторами ослабления поля второй ступени *Ш2* и *Ш4*. Контакты реле *РУ4* отодвигают характеристику отпадения реле перехода на низших позициях так, как это было описано выше.

В схеме предусмотрены два реле времени: *РВ1* и *РВ2*. Контакты замыкаются с выдержкой времени тогда, когда катушки реле обесточиваются.

Рис. 166. Принципиальная схема управления ослабления поля электродвигателей тепловоза ТЭМ2:

а — схема силовой цепи; *б* — схема управления катушек реле времени; *Г* — главный генератор; 1—6 — тяговые электродвигатели; *ДП* — обмотка дополнительных полюсов генератора; *РП1(1)*, *РП2(1)* — токовые катушки реле переходов; *РП1(У)*, *РП2(У)* — катушки напряжения реле переходов; *РВ1*, *РВ2* — катушки реле времени; *Ш1—Ш4* — контакторы ослабления поля; *П1* и *П2* — силовые контакторы; *РУ4* — контакты реле управления



Если обе ступени ослабления поля отключены (разомкнуты все контакторы *Ш*), блокировочный контакт *Ш3* в цепи катушки реле *РВ1* замкнут. Это реле включено, и его контакт, включенный в цепь катушки напряжения реле *РП2*, разомкнут. Наоборот, блокировочный контакт контактора *Ш4* в цепи катушки реле времени *РВ2* разомкнут. Катушка этого реле обесточена, и его контакт, включенный в цепь токовой катушки реле *РП1*, замкнут. Таким образом, цепи реле перехода *РП1* полностью собраны, а цепь катушки напряжения реле *РП2* разомкнута и это реле включиться не может.

При достижении точки срабатывания на характеристике генератора включается реле *РП1* и вслед за ним контакторы *Ш1* и *Ш3* первой ступени ослабления поля. Включившись, контактор *Ш3* размыкает свой контакт в цепи катушки реле времени *РВ1*, катушка обесточивается. Контакт реле *РВ1* замыкается с выдержкой времени. За это время ток в силовой цепи успеет возрасти, а напряжение снизится вследствие включения первой ступени ослабления поля. Замкнувшись, контакт *РВ1* замыкает цепь катушки напряжения реле *РП2*. Это реле срабатывает, когда напряжение генератора вновь поднимется по характеристике в процессе разгона тепловоза с поездом. Вслед за реле *РП2* включаются контакторы ослабления поля второй ступени *Ш2* и *Ш4*. Включившись, контактор *Ш4* замкнет свой блокировочный контакт в цепи катушки реле времени *РВ2*. Это реле срабатывает и разомкнет свой контакт в цепи токовой катушки реле *РП1*.

Поскольку цепь токовой катушки реле *РП1* окажется разомкнутой, то это реле останется включенным при достижении точки отпадания на характеристике генератора при замедлении движения тепловоза с поездом. Таким образом, первым отпадет реле *РП2* и отключится вторая ступень ослабления поля. Контакт *Ш4* в цепи катушки реле *РВ2* вновь разомкнется, реле *РВ2* отпадет и с выдержкой времени замкнет свой контакт в цепи токовой катушки реле *РП1*. Выдержка времени позволит напряжению генератора возрасти по внешней характеристике в результате отключения второй ступени ослабления поля. Цепь токовой катушки реле *РП1* теперь оказывается замкнутой, и это реле отпадет в тот момент, когда напряжение генератора в процессе замедления движения тепловоза с поездом вновь понизится.

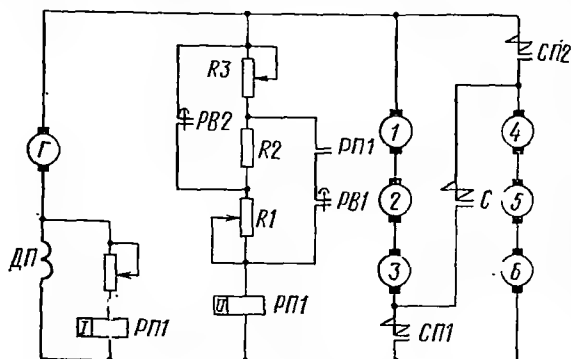


Рис. 167. Принципиальная схема перехода с последовательно-параллельного соединения и обратно, применяемая на тепловозе ТЭМ1:

Г — главный генератор; 1—6 — тяговые электродвигатели; ДП — обмотка дополнительных полюсов генератора; РП1(1) — токовая катушка реле перехода; РП1(2) — катушка напряжения реле перехода; РВ1—РВ2 — контакты реле времени; С, СП1, СП2 — силовые контакторы; R1—R3 — добавочные резисторы

На тепловозах, где применяется последовательно-параллельное переключение электродвигателей, для управления этим переключением также используется реле перехода.

В качестве примера рассмотрим схему перехода на тепловозе ТЭМ1 (рис. 167). В схеме этого тепловоза предусмотрена одна ступень ослабления поля обмоток возбуждения. Ее включением и отключением управляет реле перехода *РП2* (на рис. 167 обмотки возбуждения двигателей, цепи ослабления поля и реле *РП2* для простоты опущены).

Последовательное соединение электродвигателей (включен контактор *С*) имеет место, когда реле перехода *РП1* не включено. В этом положении получают питание оба реле времени *РВ1* и *РВ2**. Контакт реле *РВ2* закорачивает резисторы *R2* и *R3*, так что в цепи катушки напряжения остается введенным только резистор срабатывания *R1*.

Контакт реле *РВ1* при отключенном реле перехода не оказывает влияния на работу схемы, поскольку он включен последовательно с замыкающим контактом реле *РП1*.

При достижении необходимой точки на внешней характеристике генератора реле *РП1* срабатывает. Его контакт в схеме замыкается. В процессе перехода на последовательно-параллельное соединение про-

* Реле *РВ1* имеет выдержку времени при размыкании, *РВ2* — при замыкании.

должают получать питание реле $PB1$ и $PB2$ и их контакты остаются замкнутыми. При этом резисторы $R1$, $R2$, $R3$ оказываются включенными параллельно и суммарная величина сопротивления в цепи катушки напряжения реле $ПП1$ будет иметь наименьшую величину. На время перехода для облегчения коммутации тока контактором C отключается контактор возбуждения генератора и напряжение генератора резко снижается. Параллельное соединение резисторов в цепи катушки напряжения позволяет удерживать реле перехода во включенном положении при сниженной величине напряжения генератора и тем самым избежать звонковой работы.

Поездные контакторы при прямом переходе переключаются в следующем порядке: включается $СП2$, отключается C , включается $СП1$. Одновременно с включением последнего контактора оба реле времени теряют питание. Вначале без выдержки времени размыкает свой контакт реле $PB2$ и в цепи катушки напряжения оказывается введенным резистор $R3$; эта промежуточная ступень позволяет избежать возникновения звонковой работы от заброса тока в цепи электропередачи. Затем с выдержкой времени при прямом переходе отпадает реле $PB1$. После этого в цепь катушки напряжения вводится полное сопротивление $R1 + R2 + R3$, определяющее положение характеристики отпадания реле. Когда достигается точка отпадания реле, на внешней характеристике генератора происходит обратный переход. При обратном переходе контактор возбуждения генератора также временно отключается, при этом, однако, не появляется опасность возникновения звонковой работы, поскольку реле перехода в этом режиме также выключено. В процессе перехода и некоторое время после него в цепи катушки напряжения остается включенным полное сопротивление. Положение реле времени $PB1$ не влияет на работу схемы. Реле времени $PB2$ получает питание одновременно с включением контактора C , но срабатывает с выдержкой времени. Когда оно включится, его контакт закорачивает резисторы $R2$ и $R3$.

Уменьшение суммарного сопротивления с выдержкой времени позволяет избежать возникновения звонковой работы от резкого спада тока при обратном переходе. Величина сопротивления определяет положение характеристики срабатывания реле.

Таким образом, электродвигатели регулируются изменением напряжения на их зажимах и тока в их обмотках возбуждения при работе электропередачи по гиперболической внешней характеристике генератора и, кроме того, путем ослабления поля электродвигателей или изменения соединения электродвигателей, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. Управление ослаблением поля и изменением соединения электродвигателей осуществляется реле перехода.

§ 3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЛАВНОГО ГЕНЕРАТОРА

Автоматическое регулирование возбуждения главного генератора осуществляется для создания внешней характеристики необходимой формы (см. рис. 4). Как отмечалось выше, внешняя характеристика

должна иметь участки ограничения тока (*аб*), ограничения мощности (*бв*) и ограничения напряжения (*вг*).

Участок ограничения напряжения в некоторых электропередачах (тепловозы ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3 и др.) образуется, естественно, благодаря тому, что при высоких значениях напряжения магнитная система генератора насыщается и дальнейшее возрастание напряжения резко замедляется. В современных электропередачах (тепловозы ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗЛ, 2ТЭ10Л, ТЭ109) ограничение напряжения создается автоматически.

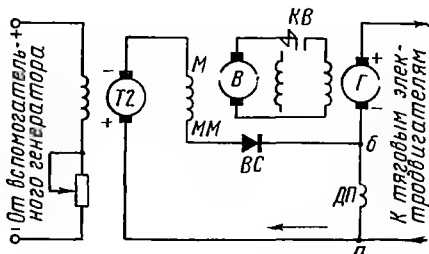


Рис. 168. Тахометрическая схема ограничения пускового тока:

Г — главный генератор; В — возбудитель; Т2 — тахогенератор; М—ММ — ограничительная обмотка; ВС — селеновый выпрямитель; ДП — дополнительные полюсы генератора; КВ — контактор возбуждения

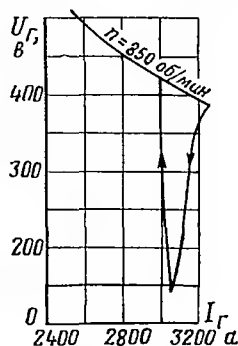


Рис. 169. Внешняя характеристика генератора при работе узла АРТ на 16-й позиции рукоятки контроллера машиниста

Мощность ограничивается либо возбудителями, имеющими продольное или поперечное расщепление полюсов, либо системами автоматического регулирования с магнитными усилителями или тиристорами.

Ограничение тока с помощью тахометрической схемы. Тахометрическая схема применяется на тепловозах ТЭ3. Она позволяет поддерживать на различных позициях определенные значения пускового тока. При перемещении рукоятки контроллера пусковой ток нарастает небольшими ступенями, что способствует плавному троганию и разгону тепловоза с поездом; на крайней позиции контроллера схема поддерживает наибольший принятый для данной электропередачи пусковой ток (узел АРТ).

Схема (рис. 168) содержит тахогенератор Т2 с независимым возбуждением от вспомогательного генератора тепловоза. На каждой позиции тахогенератор имеет определенное напряжение на зажимах, так как приводится во вращение от вала дизеля.

Ток главного генератора протекает по обмотке дополнительных полюсов ДП и вызывает в ней падение напряжения, так что потенциал в точке *а* становится выше, чем в точке *б*. Под действием этой разности потенциалов в цепи ограничения тока, включающей тахогенератор Т2 и размагничивающую обмотку возбудителя М — ММ, ток стремится

течь так, как показано стрелкой. Пока ток главного генератора не велик, падение напряжения на обмотке ДП (разность потенциалов между точками *a* и *b*) меньше, чем напряжение тахогенератора, поэтому ввиду запирающего действия выпрямителя ВС ток в цепи ограничения отсутствует. Когда же ток достигнет величины, при которой падение напряжения на обмотке ДП сравняется с напряжением тахогенератора и затем несколько превысит его, то в цепи ограничения появится ток, размагничивающий возбудитель, а следовательно, и главный генератор. Размагничивающее действие схемы произойдет в узком диапазоне тока главного генератора. Очевидно, что при трогании и разгоне величина тока не будет выходить за границы этого узкого диапазона, поскольку увеличение тока вызовет резкое размагничивание возбудителя и генератора вплоть до полной потери ими напряжения, а уменьшение тока ниже установленного значения вызовет полное прекращение размагничивающего действия.

При изменении позиции рукоятки контроллера напряжение тахогенератора изменится; соответственно этому изменится и величина тока, при которой начинает работать схема ограничения. Ограничение пускового тока главного генератора при работе узла АРТ на 16-й позиции контроллера машиниста показано на рис. 169.

Напряжение тахогенератора $U_{т2}$ на 16-й позиции контроллера под нагрузкой составляет примерно 12 в; начало срабатывания узла ограничения тока определяется током генератора $I_r = 3200—3300$ а. Так как сопротивление обмотки дополнительных полюсов генератора $R_{дп}$ мало, то для получения требуемого падения напряжения цепи тахогенератор подключается в схеме тепловоза ТЭЗ к обмоткам возбуждения двух тяговых электродвигателей и дополнительных полюсов генератора.

Чтобы уяснить работу узла ограничения тока, проведем расчет для $I_r = 2400$ а и $I_r = 3300$ а. При $I_r = 2400$ а ток в группе электродвигателей $I_{дв}$ будет составлять 800 а (силовая цепь ТЭЗ имеет три параллельные группы электродвигателей). Зная сопротивление обмотки возбуждения электродвигателя $R_{вдв}$ (оно равно 0,00482 ом) и сопротивление дополнительных полюсов генератора $R_{дп} = 0,0013$ ом, подсчитаем падение напряжения цепи ΔU , к которой подключен тахогенератор:

$\Delta U = 2I_{дв} R_{вдв} + I_r R_{дп} = 2 \cdot 800 \cdot 0,00482 + 2400 \cdot 0,0013 = 7,7 + 3,1 = 10,8$ в. Мы видим, что при $I_r = 2400$ а ΔU меньше 12 в, т. е. меньше $U_{т2}$. Следовательно, по обмотке М — ММ ток протекать не будет.

При $I_r = 3300$ а ток $I_{дв} = 1100$ а, а ΔU составит 14,9 в, т. е. будет больше $U_{т2}$. В этом случае ток потечет по обмотке М — ММ и размагнитит возбудитель.

Значительным недостатком узла является то, что падение напряжения на обмотках дополнительных полюсов генератора и возбуждения тяговых электродвигателей зависит от их температуры.

Температура обмоток колеблется в пределах до 100° С, а это может изменить ток срабатывания узла на 1200 а.

Ограничение пускового тока, мощности и напряжения с помощью магнитных усилителей. Рассмотрим принцип действия магнитных усилителей, нашедших широкое применение в электрических схемах новых тепловозов (ТЭ10, ТЭП60, ТЭЗЛ, ТЭ40, 2ТЭ10Л и др.).

Из курса электротехники известно, что если в катушке, содержащей стальной сердечник, проходит переменный ток, то в ней создается в основном индуктивное сопротивление.

Ток, протекающий по катушке со стальным сердечником, образует в нем магнитный поток. Обычно величина потока определяется по характеристике намагничивания в зависимости от другой величины — намагничивающей силы. Намагничивающая сила (н. с.) равна произведению тока на число витков катушки и выражается в ампер-витках.

При увеличении н. с. поток в сердечнике возрастает вначале пропорционально, но затем его рост замедляется и практически прекращается, т. е. материал сердечника испытывает магнитное насыщение. Известно, что при насыщении материала сердечника индуктивное сопротивление катушки значительно уменьшается.

Предположим, что на замкнутый сердечник надеты две катушки. Одну из них подключим к переменному напряжению. Пусть оно создаст в сердечнике поток, недостаточный для насыщения материала. Вследствие этого индуктивное сопротивление катушки будет значительным, а сила тока, наоборот, незначительной. Подключим теперь вторую катушку к источнику постоянного тока. Эту катушку, а также протекающий в ней ток и ее н. с. назовем *подмагничивающими*. С увеличением тока подмагничивания сердечник насыщается и индуктивное сопротивление подключенной к переменному напряжению катушки снижается. Таким образом, с помощью постоянного тока подмагничивания можно управлять величиной переменного тока в катушке.

Описанное устройство, представляющее собой замкнутый стальной сердечник с двумя катушками (переменного тока и подмагничивания), называется управляемым дросселем.

Опытами установлено, что для дросселя с сердечником из высококачественного магнитного материала н. с. обмотки переменного тока дросселя примерно равна н. с. подмагничивающей обмотки. Следовательно, когда подмагничивание отсутствует, индуктивное сопротивление обмотки переменного тока настолько велико, что ток в ней близок к нулю. С увеличением тока подмагничивания средняя величина переменного тока пропорционально возрастает.

Простейший магнитный усилитель МУ состоит из двух управляемых дросселей (рис. 170, а). Обмотки подмагничивания дросселей обычно соединяют последовательно или же вместо двух обмоток применяют одну обмотку ОП, обхватывающую сердечники обоих дросселей. Обмотки переменного тока (рабочие обмотки) ОР1 и ОР2 также соединяют последовательно; в их цепь включают резистор нагрузки $R_{\text{н}}$.

В МУ, изменяя подмагничивание, можно регулировать величину переменного тока в нагрузке. Как и в обычном трансформаторе, в подмагничивающих обмотках дросселей наводится переменное напряжение, нарушающее работу устройства. Чтобы избежать его вредного

влияния, рабочие обмотки соединяют последовательно таким образом, чтобы наведенные в них н. с. были направлены навстречу друг другу и поэтому уничтожались. Этим МУ принципиально отличается от управляемого дросселя. Для МУ, так же как для отдельного дросселя, соблюдается закон равенства ампер-витков.

В схеме МУ, показанной на рис. 170, б, по нагрузке протекает не переменный, а постоянный ток, поскольку она включена через выпрямительный мост В.

Если включить обмотку возбуждения электрической машины в качестве нагрузки усилителя, то таким усилителем можно регулировать величину тока в ней. Даже для простейших усилителей (см. рис. 170) мощность нагрузки во много раз больше мощности цепи подмагничивания. Отношение этих мощностей называется *коэффициентом усиления по мощности*.

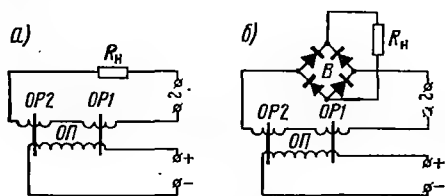


Рис. 170. Принципиальная схема магнитного усилителя с питанием от однофазного источника переменного тока:

а — с нагрузочным сопротивлением; б — с выпрямителем на выходе; ОП1 и ОП2 — рабочие обмотки; ОП — обмотка подмагничивания; R_n — резистор нагрузки; В — выпрямительный мост

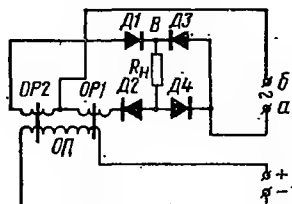


Рис. 171. Принципиальная схема однофазного магнитного усилителя с внутренней обратной связью (обозначения см. на рис. 170)

Чтобы получить высокий коэффициент усиления, магнитный усилитель соединяют по схеме, показанной на рис. 171. В этой схеме рабочие обмотки усилителя включены последовательно с выпрямителями внутри моста. При этом ток в рабочих обмотках изменяется не по направлению, а только по величине, т. е. является пульсирующим.

Действительно, допустим, что в первый полупериод точка а имеет положительный потенциал по отношению к точке б. Тогда ток потечет по выпрямителю Д3, резистору нагрузки R_n , выпрямителю Д2, обмотке ОП1 и к точке б. Во второй полупериод ток пройдет от точки б, по обмотке ОП2, выпрямителю Д1, R_n , Д4 и к точке а.

Этот ток можно рассматривать как результат сложения обычного переменного тока с постоянным током неизменной величины. Постоянная составляющая, протекая по рабочим обмоткам, подмагничивает усилитель так, что рабочие обмотки являются одновременно и подмагничивающими. Большая часть мощности для подмагничивания забирается из цепи переменного тока, что приводит к резкому увеличению коэффициента усиления. Такой магнитный усилитель называется *усилителем с внутренней обратной связью*; его характеристика управления показана на рис. 172. Из характеристики видно, что когда нет тока в обмотке подмагничивания, ток нагрузки достигает зна-

чительной величины (точка В). Для усилителя без обратной связи ток нагрузки (ток выхода) в этом случае близок к нулю. При обратной связи этот малый ток создает некоторое подмагничивание, что приводит к возрастанию тока нагрузки, усиливающему подмагничивание, вследствие чего ток нагрузки вновь увеличивается. Происходит самоподмагничивание усилителя до наступления равновесия (точка Д).

При протекании по обмотке подмагничивания тока положительного направления ток нагрузки возрастает до максимума (точка Г). Если ток в обмотке подмагничивания имеет отрицательное направле-

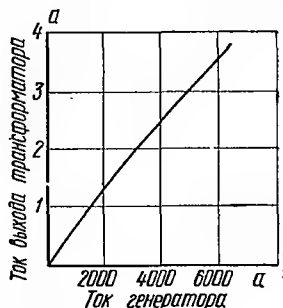
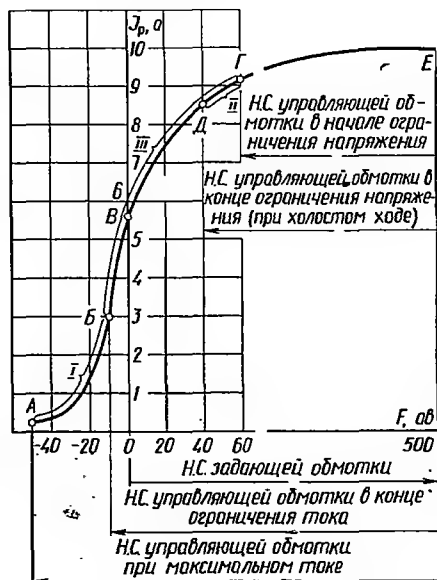


Рис. 173. Характеристика трансформатора постоянного тока

Рис. 172. Характеристика амплитаста тепловоза 2ТЭ10Л на 15-й позиции контроллера

ние, ток нагрузки снижается до малой величины (точка А). Отношение наибольшего тока выхода к наименьшему называется *кратностью выходного тока усилителя*.

В схемах тепловозов для создания требуемой формы внешней характеристики генератора необходимо получить сигналы слабого тока, пропорциональные его току и напряжению. Эта задача выполняется трансформаторами постоянного тока (ТПТ) и напряжения (ТПН), которые представляют собой простейшие магнитные усилители, собранные по схеме (см. рис. 170, б). Они выполняются без положительной обратной связи с тороидальными (кольцевыми) сердечниками из магнитных сплавов высокого качества.

Трансформатор постоянного напряжения имеет подмагничивающую (управляющую) обмотку, включенную последовательно с добавочным сопротивлением на зажимы якоря главного генератора. Ток в ней пропорционален напряжению генератора. По закону равенства ампервитков ток выхода трансформатора оказывается также пропорциональным напряжению генератора. Трансформатор постоянного тока не имеет специальной подмагничивающей обмотки; ее роль выполняют

кабели силовой цепи, пропущенные через окно магнитопровода трансформатора. Таким образом, выходной ток трансформатора пропорционален току главного генератора. На рис. 173 показана характеристика трансформатора постоянного тока тепловоза ТЭ10.

Магнитные усилители с внутренней обратной связью называют иногда *амплистатами*. В схемах тепловозов амплистаты применяются для регулирования величины тока возбуждения главного генератора (первые выпуски тепловозов ТЭ10) или его возбудителя (тепловозы ТЭЗЛ, 2ТЭ10Л, ТЭП60 и др.).

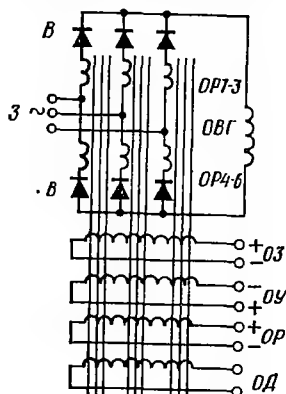


Рис. 174. Схема амплистата тепловоза ТЭ10

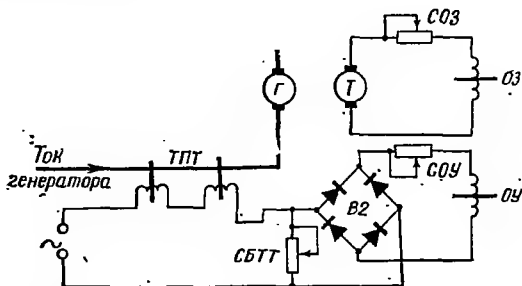


Рис. 175. Принципиальная схема ограничения пускового тока генератора тепловоза ТЭ10:

СОУ, СОЗ — регулировочные резисторы; СБТТ — балластный резистор

Амплистат тепловозов с возбудителем собирается по схеме, показанной на рис. 171. Нагрузкой амплистата служит обмотка возбуждения возбудителя. Амплистат однофазный, имеет три подмагничивающие обмотки: задающую, управляющую и регулировочную.

В схеме тепловозов ТЭ10 и ТЭП60 первых выпусков применяется трехфазный амплистат, схема которого приведена на рис. 174. Он имеет шесть рабочих обмоток (по две в фазе). Нагрузкой амплистата служит обмотка возбуждения главного генератора. У амплистата четыре подмагничивающие обмотки: задающая ОЗ, управляющая ОУ, регулировочная ОР и дополнительная ОД; последняя является запасной.

Рассмотрим процесс ограничения пускового тока генератора с помощью магнитных усилителей.

Включим управляющую обмотку ОУ амплистата (рис. 175) через выпрямительный мост В2 в качестве нагрузки трансформатора постоянного тока ТПТ; в задающую обмотку ОЗ подадим от тахогенератора Т ток, который на данной, например крайней, позиции контроллера машиниста сохраняет постоянную величину. Пока поездные контакторы не включались, тока в силовой цепи нет, следовательно, ТПТ не имеет подмагничивания и его выходной ток, т. е. ток в обмотке управления амплистата, близок к нулю.

Ток, протекающий в задающей обмотке, создает значительные ампер-витки подмагничивания амплистата (точка Ж на рис. 176), при этом ток на выходе амплистата (ток возбуждения генератора), а также на-

пряжение генератора имеют максимальное значение*. Намагничивающая сила задающей обмотки обычно в 20** или более раз больше минимальной величины намагничивающей силы, при которой достигается наибольший ток на выходе амплитата. Из рис. 176 видно, что величина намагничивающей силы задающей обмотки равна 550 аВ, в то время как минимальная необходимая величина составляет 30 аВ (точка Г).

Таким образом, в первый момент, когда нет тока в силовой цепи, амплитат с большим избытком подмагничен. При замыкании поездных контакторов ток генератора быстро возрастает и подмагничивает ТПТ, а ток в управляющей обмотке амплитата появляется и увеличивается пропорционально току генератора. Управляющая обмотка включена встречно задающей. Поэтому с ростом тока в управляющей обмотке количество суммарных ампер-витков подмагничивания амплитата будет уменьшаться.

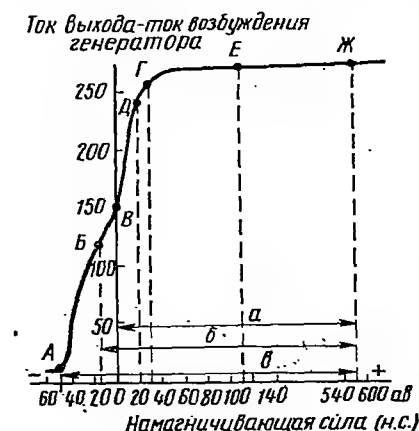


Рис. 176. Характеристика амплитата тепловоза ТЭ10:

а — намагничивающая сила (н. с.) задающей обмотки; б — н. с. управляющей обмотки в конце ограничения тока; в — н. с. управляющей обмотки при максимальном токе генератора

При снижении ампер-витков подмагничивания от точки Ж до точки Г ток возбуждения генератора не будет заметно уменьшаться. В этой точке количество ампер-витков подмагничивания 520, а количество суммарных ампер-витков подмагничивания 550 — 520 = 30.

При дальнейшем увеличении тока генератора и уменьшении суммарных ампер-витков подмагничивания (участок ГВ) ток возбуждения и напряжение генератора резко снижаются. В точке В суммарные ампер-витки подмагничивания равны нулю, т. е. намагничивающая сила управляющей обмотки ОУ равна намагничивающей силе задающей обмотки ОЗ. Далее намагничивающая сила управляющей обмотки ОУ становится больше обмотки ОЗ и суммарные ампер-витки подмагничивания меняют направление. В точке А (где управляющие ампер-витки больше задающей на 50) ток возбуждения генератора составит всего 10 а. В этом случае напряжение генератора становится настолько малым, что при протекающем максимальном токе оно полностью падает на сопротивления якорей обмоток главных и дополнительных полюсов неподвижных электродвигателей, а также кабелей силовой

* Для удобства рассмотрения принято, что цепи возбуждения генератора могут быть включены при выключенных поездных контакторах.

** Здесь и далее цифровые данные являются ориентировочными; они примерно соответствуют данным схемы тепловоза ТЭ10 первых выпусков.

цепи. Дальнейшее возрастание тока становится невозможным — происходит его ограничение.

Намагничивающая сила управляющей обмотки в точке *A* равна 60 *ав*, что соответствует току генератора 6500 *а*. Таким образом, от точки *B* до точки *A* на протяжении рабочей части характеристики амплитата ток генератора увеличился дополнительно на 6500—5600 = 900 *а* и его возрастание прекратилось.

Допустим, что в момент ограничения происходит трогание и якоря тяговых электродвигателей начинают вращаться. На их зажимах растет противо-э. д. с., а ток в силовой цепи падает, вследствие этого уменьшается подмагничивание *ТПТ*, ток и намагничивающая сила управляющей обмотки. При этом рабочая точка перемещается вверх по характеристике амплитата от точки *A* до *B*, а так как характеристика амплитата обладает большой крутизной (большим коэффициентом усиления), то при малом уменьшении тока генератора (управляющей обмотки) напряжение значительно возрастает, что будет препятствовать существенному изменению тока в силовой цепи. Напряжение генератора в точке *A* составит примерно 20 *в* (ток 6500 *а*), а в точке *B* — 300 *в*, н. с. управляющей обмотки на участке *АВ* уменьшится на 35 *ав* (см. рис. 176), что соответствует снижению тока генератора на 400 *а*.

Таким образом, при разгоне ток генератора меняется незначительно, в то время как напряжение его возрастает в 15 раз. По мере роста напряжения при относительно неизменной величине тока увеличивается мощность генератора, в точке *B* она достигает номинального значения. Дальнейший разгон должен происходить по характеристике постоянной мощности (рис. 177).

Если изменится намагничивающая сила задающей обмотки вдвое, ток, поддерживаемый схемой на характеристике ограничения, изменится примерно пропорционально. Поскольку задающая обмотка питается от тахогенератора, его напряжение изменяется по позициям контроллера машиниста, а величина поддерживаемого пускового тока зависит от положения рукоятки контроллера.

При увеличении тока в задающей обмотке максимальный ток генератора соответственно растет. Чтобы повысить величину этого тока, необходимо включить на выходе *ТПТ* балластный резистор *СБТТ* (см. рис. 175). При этом часть выходного тока *ТПТ* ответвится.

Пусть величина балластного сопротивления *СБТТ* установлена равной сопротивлению управляющей обмотки. Тогда на *СБТТ* ответвится половина тока, протекающего в обмотке до момента подключения его, а в дальнейшем всегда токи в обмотке и в резисторе *СБТТ* будут одинаковыми.

Предположим, что намагничивающая сила задающей обмотки равна 275 *ав* и момент ограничения наступил при неподвижных электродвигателях и намагничивающей силе управляющей обмотки, равной 275 + 50 = 325 *ав* (точка *A* на характеристике амплитата — см. рис. 176). В этот момент подключим резистор *СБТТ*, величина сопротивления которого выбрана равной сопротивлению управляющей обмотки.

Вначале намагничивающая сила управляющей обмотки уменьшится вдвое и составит примерно 162 *ав*. При этом суммарная намагничивающая сила (разность задающих и управляющих ампер-витков) станет равной $275 - 162 = 113$ *ав*.

Следовательно, рабочая точка на характеристике амплистата переместится из *А* в *Е*. Однако такое перемещение сопровождается возрастанием тока возбуждения генератора примерно от 10 до 270 *а*. Одновременно резко возрастет напряжение генератора, стремящееся к максимальному значению. С ростом напряжения генератора его ток также увеличивается сверх 3500 *а* и соответственно возрастают ток на выходе *ТПТ*, ток и намагничивающая сила обмотки управления, ток в балластном резисторе *СБТТ*.

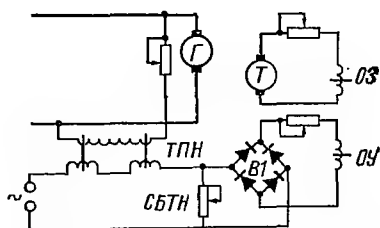
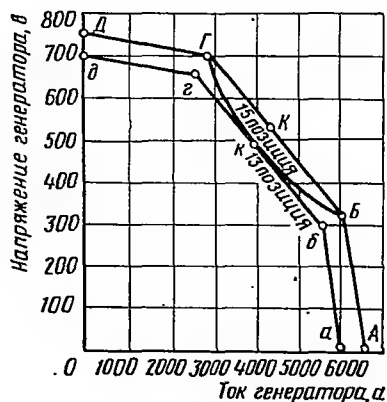


Рис. 178. Принципиальная схема ограничения максимального напряжения

Рис. 177. Внешняя характеристика главного генератора

При увеличении тока генератора и намагничивающей силы управляющей обмотки ток возбуждения и напряжение генератора будут вновь снижаться по характеристике амплистата. Этот процесс продолжится до тех пор, пока рабочая точка опять не вернется примерно в *А*, где произойдет ограничение тока.

Так как намагничивающая сила задающей обмотки не изменилась, а рабочая точка вернулась в *А*, величина намагничивающей силы и ток обмотки управления также возвращаются к прежнему значению (325 *ав*). По резистору *СБТТ* протекает такой же ток, как и в обмотке управления, т. е. общий ток выхода *ТПТ* удваивается по сравнению с тем током, который протекал до момента подключения *СБТТ*, но это может произойти только при условии, если ток генератора будет удвоен, т. е. ток генератора в момент ограничения при наличии балластного сопротивления, по величине равного сопротивлению управляющей обмотки, достигает значения $3500 \cdot 2 = 7000$ *а*.

Следовательно, увеличение балластного сопротивления уменьшает ток генератора на характеристике ограничения, а уменьшение этого сопротивления увеличивает ток. Таким образом, изменение величины тока при ограничении может достигаться не только изменением намагничивающей силы задающей обмотки, но и регулированием величины балластного сопротивления.

Рассмотрим процесс *ограничения максимального напряжения*.

Включим управляющую обмотку *ОУ* амплистата (рис. 178) через выпрямительный мост *В1* в качестве нагрузки трансформатора постоянного напряжения *ТПН*; в задающую обмотку *ОЗ* по-прежнему подадим ток от тахогенератора *Т*.

Подключим также на выходе *ТПН* балластный резистор *СБТН*, величина которого вначале была установлена близкой к нулю.

Рассмотрим работу схемы ограничения напряжения при реостатных испытаниях тепловоза.

Предположим, что поездные контакторы отключены и установлена крайняя позиция рукоятки контроллера машиниста. Так как сопротивление *СБТН* мало, то весь ток выхода *ТПН* в основном замыкается через этот резистор и лишь небольшая его часть протекает в управляющей обмотке. Таким образом, в амплистате действует практически только намагничивающая сила задающей обмотки, которая с избытком подмагничивает амплистат. В зависимости от величины этой силы рабочая точка находится на пологой части характеристики амплистата (например, в *Ж* или *Е* — см. рис. 176). В этом случае ток возбуждения генератора составит примерно 270 *а*, а его напряжение превысит величину 750 *в*, которую мы хотим установить при холостом ходе генератора. Начнем постепенно увеличивать балластное сопротивление. Это приведет к уменьшению тока в этом резисторе и к его увеличению в управляющей обмотке. Соответственно будет снижаться суммарная намагничивающая сила в амплистате, вследствие чего рабочая точка на характеристике будет двигаться влево. До точки *Г* увеличение балластного сопротивления не приведет к существенному изменению тока возбуждения и напряжения генератора, однако после точки *Г* небольшое дополнительное увеличение сопротивления будет сопровождаться быстрым уменьшением напряжения генератора. Когда рабочая точка переместится в *Д*, то напряжение генератора составит 750 *в* при токе возбуждения 240 *а*. Включим теперь поездные контакторы и начнем нагружать генератор. С ростом тока генератор будет размагничиваться, вследствие чего и напряжение его будет снижаться. Но при уменьшении напряжения пропорционально будет снижаться и намагничивающая сила обмотки управления, а поэтому и рабочая точка будет перемещаться от *Д* вверх (по характеристике амплистата), что увеличивает ток возбуждения генератора и препятствует значительному уменьшению его напряжения. Когда ток генератора достигнет примерно 2 900 *а*, рабочая точка сместится в *Г* и ток возбуждения генераторов повысится до 260 *а* (полный выход амплистата). Напряжение генератора при этом не должно быть меньше 700 *в*.

С увеличением тока при относительно постоянном напряжении увеличивается мощность генератора. В точке *Г* она достигает номинального значения, поэтому дальнейшая работа будет проходить по характеристике постоянной мощности.

Характеристика ограничения максимального напряжения показана на рис. 177. Величину максимального напряжения (так же как и максимального тока) можно устанавливать с помощью изменения на-

магнитизирующей силы задающей обмотки или подрегулировкой балластного резистора *СБТН*.

Рассмотрим процесс ограничения мощности. Выше было показано, что при разгоне тепловоза ограничение пускового тока происходит по характеристике амплитата от точки *А* вверх до точки *Б*, а ограничение максимального напряжения — от точки *Г* вниз до точки *Д*. В точках *Б* и *Г* мощность генератора равна номинальной. Чтобы на участке от точки *Б* до *Г* поддерживать постоянную мощность, необходимо получить гиперболическую внешнюю характеристику, при которой произведение тока на напряжение генератора должно быть постоянным. В схеме с амплитатом проще поддерживать не произведение, а сумму тока и напряжения. При этом внешняя характеристика генератора получается не гиперболической, а прямолинейной (см. рис. 177).

Чтобы поддержать постоянную величину суммы тока и напряжения, необходимо управляющую обмотку подключить на выход обоих трансформаторов *ТПТ* и *ТПН* (рис. 179).

Уставка мощности, так же как уставка тока и напряжения, может изменяться за счет изменения намагничивающей силы задающей обмотки или величины балластных сопротивлений. Поскольку задающая обмотка питается от тахогенератора, характеристика генератора при изменении скорости вращения вала дизеля (позиции рукоятки контроллера) смещается, как это показано на рис. 177.

Узел, состоящий из двух балластных резисторов *СБТТ* и *СБТН*, двух мостовых выпрямителей *В1* и *В2*, обмотки *ОУ* амплитата и резистора *СОУ*, называется *селективной схемой* (см. рис. 179).

Селективная схема дает возможность автоматически пропускать в обмотку *ОУ* ток *ТПТ* при ограничении пускового тока и сумму токов *ТПТ* и *ТПН* при поддержании постоянной мощности, а также ток *ТПН* при ограничении максимального напряжения.

При регулировании тока, мощности и напряжения рабочая точка перемещается вдоль характеристики амплитата от *А* до *Г* (см. рис. 176). При этом намагничивающая сила управляющей обмотки *ОУ* уменьшается незначительно — обычно на 8—12%, а при более крутой характеристике это изменение еще меньше. Рассматривая работу селективной схемы, допустим, что амплитат имеет крутую характеристику и что н. с. и ток управляющей обмотки *ОУ* в процессе разгона вовсе не изменяются. Селективная схема в упрощенном виде представлена на рис. 180.

Предположим, что в момент трогания (точка *А* на рис. 176) ток генератора составляет 6500 а, а напряжение 20 в, т. е. ток на выходе *ТПТ* имеет наибольшее значение, а ток на выходе *ТПН* близок к нулю.

Ток *ТПТ* разветвляется. Примерно половина его течет в резистор *СБТТ* (см. рис. 180), остальная часть — в управляющую обмотку *ОУ*, проходящий ток создает на ее обмотке падение напряжения. В свою очередь ток *ТПН* (малый по величине), протекая по резистору *СБТН*, также создает на нем падение напряжения. Это падение напряжения во много раз меньше того, которое создано на обмотке током от *ТПТ*. Поэтому потенциал в точке *б* значительно выше, чем в точке *в*, и ток

Ток $T_{ПН}$ не проходит в обмотку $OУ$, а ток $T_{ПТ}$ — в $СБТН$. Получается так, как будто трансформатор $T_{ПН}$ с резистором $СБТН$ «отключен» от управляющей обмотки $OУ$.

some time, a transcription error has occurred.

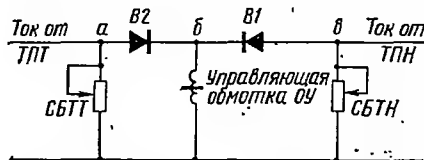


Рис. 179. Принципиальная схема ограничения мощности

Если напряжение генератора увеличивается, то ток начинает протекать от *в* к *б*, т. е. выход *ТПН* «подключается» к управляющей обмотке. Падение напряжения на *СБТН* и потенциал точки *в* растут с увеличением тока выхода *ТПН* только до момента «подключения» *ТПН* к обмотке, т. е. в дальнейшем падение напряжения на *СБТН* остается неизменным и равным падению напряжения на управляющей обмотке *ОУ*, а также на *СБТТ*. Чтобы поддержать такое равенство, необходимо уменьшить ток, поступающий в обмотку *ОУ* от *ТПТ*, что может произойти только при уменьшении тока генератора. Следовательно, ограничение в точке *Б* заканчивается. С ростом напряжения генератора ток его уменьшается в той мере, в какой увеличивается напряжение. За счет этого на участке *БГ* получается прямолинейная наклонная внешняя характеристика генератора (см. рис. 176) и его мощность в диапазоне токов от *Б* до *Г* поддерживается примерно постоянной.

203

новится равной нулю. В управляющей обмотке *ОУ* с этого момента протекает только ток от *ТПН*, а так как намагничивающая сила и ток управляющей обмотки *ОУ* по-прежнему не могут заметно измениться, то при дальнейшем разгоне остается постоянным ток на выходе *ТПН* и, следовательно, напряжение генератора от точки *Г* до точки *Д*. В точке *Г* весь ток *ТПТ* проходит по резистору *СБТТ*. Величину сопротивления *СБТТ* выбирают с таким расчетом, чтобы при токе генератора 2900 а ток на выходе *ТПТ* образовал на *СБТТ* падение напряжения, равное падению напряжения на управляющей обмотке *ОУ*.

С ростом скорости при работе по характеристике ограничения напряжения ток генератора быстро снижается; соответственно уменьшается ток на выходе *ТПТ* и падение напряжения на *СБТТ*, которое становится меньше падения напряжения на управляющей обмотке. Тогда потенциал точки *б* превысит потенциал точки *а*. Ток от *ТПН* не потечет в *СБТТ* ввиду запирающего действия выпрямителя *В2*.

Таким образом, селективная схема при совместной работе с амплистатом, имеющим крутую характеристику, и трансформаторами постоянного тока и напряжения, токи на выходе которых пропорциональны току и напряжению главного генератора, обеспечивает плавный переход (без каких-либо переключений) от ограничения пускового тока к ограничению мощности и далее к ограничению максимального напряжения.

§ 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Гиперболическая внешняя характеристика генератора, получаемая с помощью специальных возбудителей или магнитных усилителей, еще не обеспечивает достаточно полного использования мощности дизеля по следующим причинам.

1. Из-за явления гистерезиса недостаточно стабильна характеристика возбудителя с расщепленными полюсами. Положение характеристики при увеличении тока возбудителя несколько иное, чем при уменьшении этого тока. У тепловоза ТЭЗ колебания мощности генератора из-за гистерезиса достигают 100—150 *квт*.

2. Отличие характеристик возбудителей с технологическими отклонениями от образцовых экземпляров.

3. Изменение в процессе работы тока возбуждения генератора, поступающего от возбудителя с расщепленными полюсами, в зависимости от температуры обмотки возбуждения генератора. Изменение температуры и, следовательно, сопротивления обмотки возбуждения генератора вызывает смещение его внешней характеристики (для генератора МПТ 99/47 изменение температуры на 1° приводит к изменению мощности примерно на 2 *квт*; для генератора МПТ 84/39 — примерно на 1 *квт*).

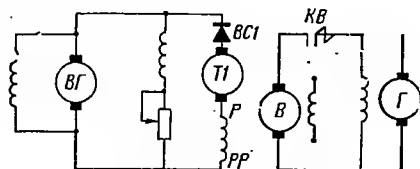
4. Прямолинейная характеристика в схемах с магнитными усилителями, хотя температурные и гистерезисные влияния в ней практически отсутствуют.

5. Изменение свободной мощности дизеля, которую он может отдавать в электропередачу при включении и выключении нагрузок собственных нужд (компрессора, вентилятора холодильника); в то же время внешняя характеристика настраивается на одно, заранее установленное значение мощности.

Все эти обстоятельства требуют, чтобы в процессе работы тепловоза корректировались положения и уточнялись формы внешней характеристики генератора, с тем чтобы в любом случае свободная мощность дизеля полностью использовалась для тяги. Эта задача выполняется с помощью узла дополнительного автоматического регулирования мощности дизель-генератора (АРМ).

Рис. 181. Тахометрическая схема дополнительного регулирования мощности дизель-генератора (АРМ):

G — главный генератор; B — возбудитель;
 $BГ$ — вспомогательный генератор; $T1$ —
 тахогенератор; $BC1$ — выпрямитель селек-
 тивный; $P-PP$ — регулировочная обмотка;
 $KВ$ — контактор возбуждения



На тепловозе ТЭЗ применена тахометрическая схема дополнительного регулирования мощности (рис. 181). В схему входит тахогенератор $T1$ с независимым, постоянным по величине возбуждением от вспомогательного генератора. Якорь тахогенератора последовательно с регулировочной обмоткой возбудителя $P-PP$ и выпрямителем $BC1$ включен на зажимы вспомогательного генератора тепловоза. Напряжение тахогенератора направлено против напряжения вспомогательного генератора и превышает его на величину в несколько вольт. Под действием этой небольшой по величине разности напряжений в цепи регулировочной обмотки возбудителя протекает ток. Этот ток образует составляющую напряжения возбудителя и главного генератора, изменяющуюся от нуля до необходимой наибольшей величины при работе схемы АРМ.

Заметим, что тахометрическая схема АРМ принципиально не может работать совместно с центробежным регулятором числа оборотов дизеля. Действительно, роль центробежного регулятора сводится к поддержанию скорости вращения коленчатого вала дизеля на каждой позиции неизменной при всяких изменениях его нагрузки и мощности. Если центробежный регулятор выполняет свою задачу и скорость вращения вала не изменяется, тахогенератор в схеме АРМ сохраняет свою скорость постоянной и, следовательно, ток в регулировочной обмотке также остается постоянным по величине. Таким образом, схема АРМ не реагирует на изменения нагрузки дизеля.

Чтобы схема АРМ выполняла свою функцию, центробежный регулятор выводится из работы. Это достигается тем, что, дополнительно подмагничивая возбудитель от регулировочной обмотки, увеличивают мощность генератора, в результате чего он начинает перегружать дизель. Центробежный регулятор доводит рейки топливных насосов до упора, после чего его влияние на работу дизеля прекращается.

Дизель получает некоторую «просадку» числа оборотов. Величина этой «просадки» изменяется в зависимости от степени перегрузки дизеля. При включении нагрузки собственных нужд или охлаждении обмотки возбуждения генератора перегрузка дизеля возрастает и «просадка» числа оборотов увеличивается. Это приводит к некоторому уменьшению напряжения тахогенератора и, следовательно, тока в регулировочной обмотке возбудителя. Напряжение возбудителя (и главного генератора) снизится, а вследствие этого будет устранена большая часть нагрузки дизеля, возникшая от любой из указанных выше причин, за счет уменьшения мощности в электропередаче. Наоборот, если нагрузка дизеля снижается (выключается нагрузка собственных нужд, нагревается обмотка возбуждения генератора и т. п.), «просадка» числа оборотов уменьшается, скорость вращения тахогенератора и регулировочный ток возрастают, увеличивается мощность электропередачи, подгружающей дизель, в результате чего большая часть освободившейся мощности поступит в электропередачу и будет использована для тяги. Схема АРМ на тепловозе ТЭЗ работает только на крайнем положении рукоятки контроллера машиниста (16-м) и может включаться (отключаться) тумблером по воле машиниста.

Узел АРМ на тепловозах ТЭ10, ТЭП60, 2ТЭ10Л, ТЭ40 и др. Как было показано выше, в схеме с магнитными усилителями прямолинейная внешняя характеристика генератора *БК1* проходит выше характеристики постоянной мощности (см. рис. 177) и, следовательно, равенство мощностей дизеля и генератора наступает при «просадке» числа оборотов. Дополнительная перегрузка дизеля возникает также при включении потребителей собственных нужд — вентилятора холодильника и компрессора. Чтобы не перегрузить дизель и обеспечить его работу с номинальной скоростью вращения при всех режимах, применяется система дополнительного регулирования мощности. Для этого на амплистате предусмотрена регулировочная обмотка подмагничивания *ОР*, которая питается от вспомогательного генератора тепловоза через регулировочный реостат *РР* (рис. 182). Намагничивающая сила этой обмотки складывается с н. с. задающей обмотки, образуя при этом суммарные ампер-витки задания.

Если подвижной контакт регулировочного реостата находится в положении 1, то по обмотке *ОР* течет наибольший ток, и характеристика генератора займет положение *АБКГД* (см. рис. 177). При перемещении движка с положения 1 (см. рис. 182) в положение 2 ток в обмотке *ОР* резко уменьшится. Ампер-витки задания амплистата образуются только обмоткой *ОЗ* (см. рис. 175).

Подвижной контакт регулировочного реостата приводится в движение от сервомотора регулятора мощности дизеля.

При работе в зоне *АБ* (см. рис. 177) дизель не нагружен полностью и регулятор мощности автоматически устанавливает подвижной контакт в положение 1. В точке *Б* мощность дизеля становится номинальной, а при дальнейшем разгоне возникает перегрузка.

Подвижной контакт, плавно перемещаемый регулятором мощности, займет положение 2 и уменьшит намагничивающую силу задания.

В точке K , где характеристика $БКГ$, соответствующая полной намагничивающей силе задания, дальше всего отстоит от характеристики постоянной мощности $БКГ$, ток регулировочной обмотки достигнет минимума. При дальнейшем разгоне ток регулировочной обмотки начинает возрастать и в точке $Г$ подвижной контакт вновь становится в положение I и остается в нем при работе дизеля в зоне ограничения напряжения $ГД$.

При изменении вспомогательных нагрузок (включение и отключение вентилятора холодильника или компрессора) узел дополнительного регулирования приспособливает работу электрической передачи так, чтобы свободная мощность дизеля передавалась на движущие колеса, не допуская его перегрузки.

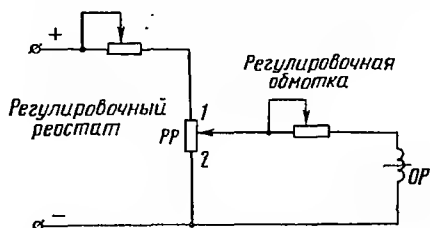


Рис. 182. Схема включения регулировочной обмотки

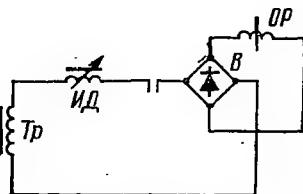


Рис. 183. Схема включения индуктивного датчика в цепь регулировочной обмотки

Данная система дополнительного регулирования мощности работает на всех позициях контроллера машиниста, начиная с четвертой. Вместо реостата $РР$ с движком используется индуктивный датчик $ИД$ (конструкция описана в гл. IV), который включен в цепь регулировочной обмотки $ОР$ (рис. 183) магнитного усилителя. Питание цепи обеспечивается вторичной обмоткой из обмоток трансформатора $ТР$, первичная обмотка которого питается от синхронного подвозбудителя или возбудителя. Изменение тока регулировочной обмотки происходит за счет перемещения якоря $ИД$, связанного с поршнем регулятора мощности. Изменение положения поршня вызывает перемещение якоря и, следовательно, изменение тока в обмотке $ОР$ магнитного усилителя.

Регулятор мощности. Как отмечалось выше, в схемах тепловозов ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ2 и ТЭ1 регулирование напряжения главного генератора осуществляется возбудителем с продольно расщепленными полюсами. При таком регулировании мощность дизеля изменяется в зависимости от нагрева обмотки возбуждения генератора (дизель может перегружаться или недогружаться), не используется освободившаяся мощность при отключении агрегатов вспомогательной нагрузки (вентилятор холодильника, компрессор), нагрузка на дизель автоматически не уменьшается при выключении одного цилиндра. Чтобы избежать этих недостатков, на тепловозах ТЭМ1 и ТЭМ2 устанавливают регуляторы мощности вибрационного типа системы ЦНИИ.

Регулятор (рис. 184, а и б) состоит из вибрационного замыкателя с подвижным 2 и неподвижным 1 контактами, включенными в цепь катушки напряжения реле ограничения РТ, резистора 12, установленного в ту же цепь, и конденсатора 11. Подвижной контакт перемещается рычагом от вала реек топливных насосов дизеля.

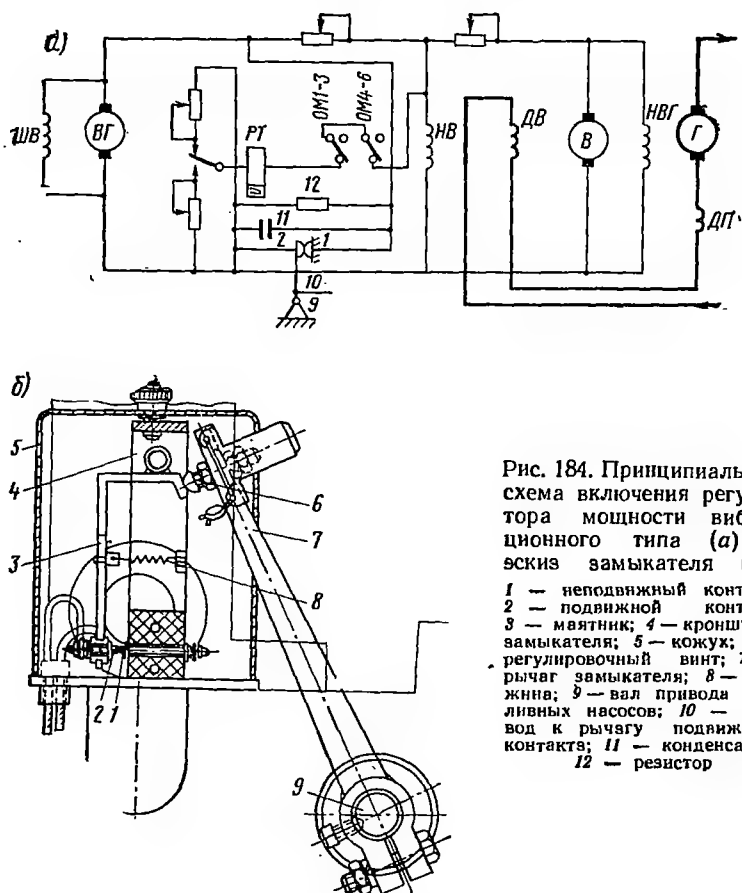


Рис. 184. Принципиальная схема включения регулятора мощности вибрационного типа (а) и эскиз замыкателя (б):
1 — неподвижный контакт; 2 — подвижной контакт; 3 — маятник; 4 — кронштейн замыкателя; 5 — кожух; 6 — регулировочный винт; 7 — рычаг замыкателя; 8 — пружина; 9 — вал привода топливных насосов; 10 — привод к рычагу подвижного контакта; 11 — конденсатор; 12 — резистор

Регулятор вступит в работу при подаче топлива, соответствующей номинальной или несколько большей мощности дизеля. В это время рычаг замыкателя 7 нажмет на маятник 3 и тогда подвижной контакт 2 отойдет от неподвижного контакта 1, введет в цепь резистор 12, уменьшая магнитный поток и нагрузочный момент генератора. Вследствие этого скорость вращения вала дизеля увеличится и вал 9 рычагов реек топливных насосов повернется так, что контакты 1 и 2 замкнутся. Закоротившийся резистор 12 увеличит возбуждение генератора, а следовательно, и его момент. Тогда дизель будет нагружаться мощностью, выше номинальной, и процесс повторяется. Частота замыкания и размыкания контактов 1 и 2 зависит от скорости

изменения нагрузки и угловой скорости вала дизеля (от работы регулятора числа оборотов дизеля).

Вибрационный замыкатель укреплен на корпусе топливного насоса со стороны, противоположной регулятору числа оборотов дизеля.

Регулятор мощности настраивают при реостатных испытаниях на 16-м или 8-м положении контроллера мощности. Контакты 1 и 2 должны размыкаться при мощности генератора 610—615 *квт*, что регулируется винтом 6. Точность поддержания регулятором установленной мощности обеспечивается в пределах 3—4%.

Конденсатор 11 предназначен для уменьшения подгара контактов.

§ 5. СХЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОВЗОВ ТЭ10 И ТЭП60

На рис. 185 показана принципиальная схема возбуждения главного генератора, примененная на первых выпусках тепловозов ТЭ10 и ТЭП60.

В схеме в качестве источника переменного тока (возбудителя) применен трехфазный синхронный генератор *СГ*; его напряжение имеет частоту 400 *гц* (на 15-й позиции). Номинальное линейное напряжение возбудителя 230 *в*.

От двух фаз возбудителя питается первичная обмотка распределительного трансформатора *ТР*. Для питания цепей *ТПТ* и *ТПН* использована вторичная обмотка трансформатора *ТР*.

С ростом тока возбуждения главного генератора увеличивается токовая нагрузка синхронного возбудителя. Если питать обмотку возбуждения возбудителя только от вспомогательного генератора с постоянным напряжением, то с увеличением нагрузки возбудитель будет существенно размагничиваться, а его напряжение под действием реакции якоря снижаться. Отсюда следует, что в режиме максимального тока на выходе амплитата напряжение питания значительно понижено. Вследствие этого наибольший ток выхода амплитата уменьшается, так как он зависит от напряжения примерно в прямой пропорции. Поэтому желательно, чтобы с ростом тока возбуждения генератора напряжение возбудителя не снижалось, а, наоборот, несколько возрастало.

Для создания такой характеристики применена специальная схема коррекции, содержащая вторичную обмотку распределительного трансформатора, трансформатор коррекции *СТ* и мостовой выпрямитель *ВЗ*. Трансформатор коррекции является трансформатором постоянного тока и по своему принципу действия аналогичен *ТПТ*. *СТ* подмагничивается током возбуждения генератора, следовательно, его выходной ток пропорционален току возбуждения. Этот ток (ток коррекции) выпрямляется мостом *ВЗ* и подается в обмотку возбуждения возбудителя. Таким образом, составляющая тока возбуждения возбудителя, поступающая из узла коррекции, растет с ростом нагрузки возбудителя. Кроме того, обмотка возбуждения возбудителя получает питание от вспомогательного генератора.

При разгоне тепловоза ток возбуждения генератора и ток коррекции возрастают, что приводит к увеличению суммарного тока возбуждения возбудителя. Это увеличение не только компенсирует влияние реакции якоря, но и приводит к некоторому росту напряжения возбудителя.

Независимое возбуждение синхронного возбудителя подается от вспомогательного генератора. После выпрямления в блоках выпрямителей выходной ток амплитаста через контактор *КВ* поступает в обмотку возбуждения главного генератора. Последовательно с об-

моткой возбуждения включена обмотка управления трансформатора коррекции *СТ*.

На зажимы переменного тока моста *ВЗ* включен конденсатор, входящий в блок *БК1*, служащий для защиты выпрямителей от перенапряжений. Остальные конденсаторы блоков *БК1* и *БК2* подключены параллельно выпрямителям в цепях рабочих обмоток амплитаста и служат тем же целям. В блок *БК2* входит также шунтирующий выпрямитель, который улучшает форму характеристики амплитаста.

Вторичную цепь *ТПН* питает обмотка распределительного трансформатора

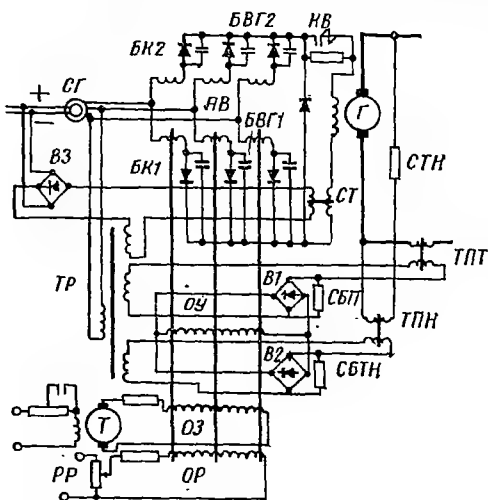


Рис. 185. Принципиальная схема возбуждения главного генератора тепловоза ТЭ10

ТР. От обмоток этого же трансформатора питается цепь *ТПТ*. Цепь возбуждения тахогенератора получает питание одновременно с катушкой контактора *КВ* (при постановке рукоятки контроллера на 1-ю позицию). Последовательно с обмоткой возбуждения тахогенератора установлен резистор.

Резистор имеет ряд ступеней: первая ступень служит для настройки уставки внешней характеристики главного генератора, вторая — для обеспечения плавного пуска (ступень плавного пуска) и третья вводится в случае отключения любого из отключателей электродвигателей и служит для понижения напряжения тока и мощности главного генератора при работе с одним отключенным тяговым электродвигателем (ступень аварийного режима).

Регулировочный реостат *РР* включен последовательно с добавочным сопротивлением. Он получает питание от вспомогательного генератора через контактор *ВВ*. От подвижного контакта *РР* получает питание регулировочная обмотка амплитаста *ОР*, включенная последовательно с резистором. Обмотка включается контактом реле управления на 4-й позиции контроллера.

Задающая обмотка *ОЗ* получает питание от тахогенератора *Т* через добавочное сопротивление.

Рассмотренная схема по сравнению со схемами, использующими возбудители с расщепленными полюсами, имеет ряд устройств. Прежде всего автоматическое регулирование пускового тока на каждом положении контроллера.

Для расширения диапазона регулирования пускового тока на низших позициях дополнительно снижено возбуждение тахогенератора *T* и синхронного генератора *СГ*.

Схема позволяет ограничивать максимальное напряжение главного генератора, которое не допускает повышения напряжения при боксовании колес, проверке схемы и пр. Практически отсутствует влияние нагрева обмоток и гистерезиса на режим работы главного генератора.

Вследствие того что внешняя характеристика генератора отличается от гиперболической, а также если учесть влияние других эксплуатационных факторов, то схемы с магнитными усилителями и схемы с возбудителями с расщепленными полюсами имеют почти одинаковый диапазон требуемого дополнительного регулирования возбуждения.

Недостатком схемы является значительная мощность магнитного усилителя и блоков выпрямителей. Потери в рабочих обмотках *МУ* увеличивают мощность возбуждения и потери на возбуждение генератора. Так как мощные *МУ* имеют значительный ток холостого хода, то могут возникнуть затруднения с получением минимальной силы тяги при трогании одного тепловоза с места.

§ 6. СХЕМА С МАГНИТНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ В ЦЕПИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ

В схемах современных тепловозов регулирование главного генератора и дополнительное регулирование дизель-генератора основываются на тех же принципах, что и в схемах первых выпусков тепловозов ТЭ10 и ТЭП60.

Особенностью схем возбуждения генераторов современных тепловозов является то, что амплистат устанавливается не в цепи обмотки возбуждения главного генератора, а в цепи возбуждения возбудителя.

Возбудитель представляет собой обычную машину постоянного тока, которая питает обмотку возбуждения генератора. Промежуточный возбудитель, хотя и не меняет существа работы схемы, приводит к следующим полезным изменениям в схеме и аппаратуре.

1. Мощность и размеры амплистата, выпрямительных блоков и других элементов схемы резко уменьшаются. В связи с этим выпрямители на выходе амплистата размещаются на небольшой панели и не требуют воздушного охлаждения, как на первых выпусках тепловозов ТЭ10 и ТЭП60.

2. Питание цепей амплистата и трансформатора осуществляется от небольшого однофазного генератора (подвозбудителя). В связи с этим амплистат выполняется однофазным и его схема упрощается.

3. В возбудителе, кроме основной обмотки возбуждения, применяется также небольшая встречная (размагничивающая) обмотка,

получающая питание от вспомогательного генератора. При этом надобность в схеме коррекции отпадает.

4. Исключается из схемы трансформатор возбуждения, так как питание цепи амплистата ввиду его малой мощности может быть взято от распределительного трансформатора.

5. Возбудители постоянного тока позволяют предусмотреть в схеме аварийный режим. (В случае неисправности схемы возбуждения возбудителя его обмотка подключается непосредственно к аккумуляторной батарее.)

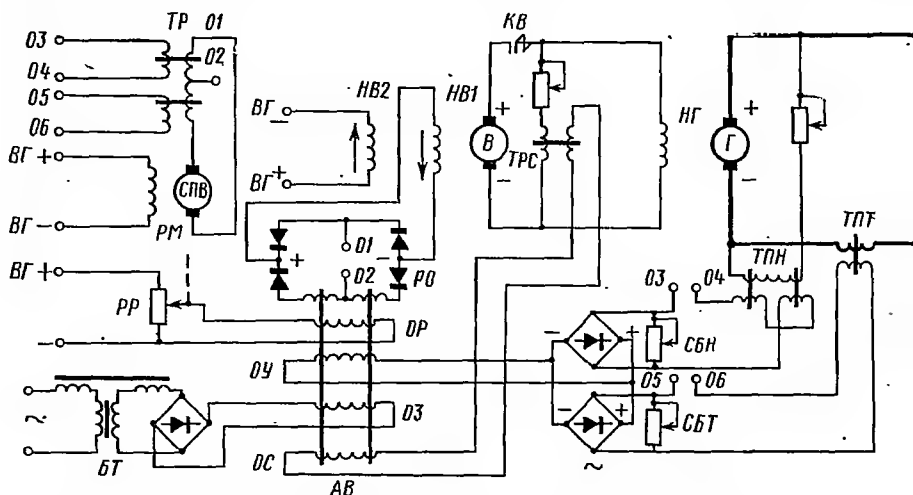


Рис. 186. Схема возбуждения генератора тепловоза типа ТЭ10 с магнитным усилителем в цепи возбуждения возбудителя:

В — возбудитель; НВ1, НВ2 — обмотки возбуждения возбудителя; ВГ — главный вспомогательный генератор; КВ — контактор возбуждения генератора; СПВ — синхронный подвозбудитель; ТРС — трансформатор стабилизирующий; ОС — обмотка обратной связи; ТР — трансформатор распределительный; БТ — блок тахометрический; ТПТ — трансформатор постоянного тока; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; СБН и СБТ — Салластные резисторы; РМ — связь с объединенным регулятором мощности

В новом варианте схемы завода «Электротяжмаш» обмотка возбуждения генератора Г получает питание от возбудителя В (рис. 186).

Для получения требуемых внешних характеристик главного генератора обмотка возбуждения НВ1 возбудителя В питается от магнитного усилителя МУ с самонасыщением (амплистата АВ), рабочие обмотки РО которого получают питание от синхронного подвозбудителя СПВ. Обмотки управления ОЗ, ОУ и ОР включены так же, как и в схеме рис. 185. Следовательно, принцип работы схемы такой же.

Для устойчивой работы схемы на МУ расположена четвертая обмотка управления ОС (обратной связи). Эта обмотка обеспечивает связь по напряжению возбудителя через стабилизирующий трансформатор ТРС. Для компенсации тока холостого хода МУ возбудитель снабжен обмоткой НВ2, намагничивающая сила которой действует встречно н. с. обмотки НВ1. МУ, используемый в этой схеме, имеет лучшую характеристику, так как цепь нагрузки его обладает меньшей индуктивностью.

§ 7. ТИРИСТОРНАЯ СХЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ТЕПЛОВЗОВ С ПЕРЕДАЧЕЙ ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА

На тепловозах ТЭ109, В 300 и 2ТЭ116 применена тиристорная схема возбуждения тягового синхронного генератора. Эта схема использует в основном статические преобразователи. Применение тиристоров дало возможность исключить синхронный подвозбудитель, увеличить точность и устойчивость регулирования, упростить компо-

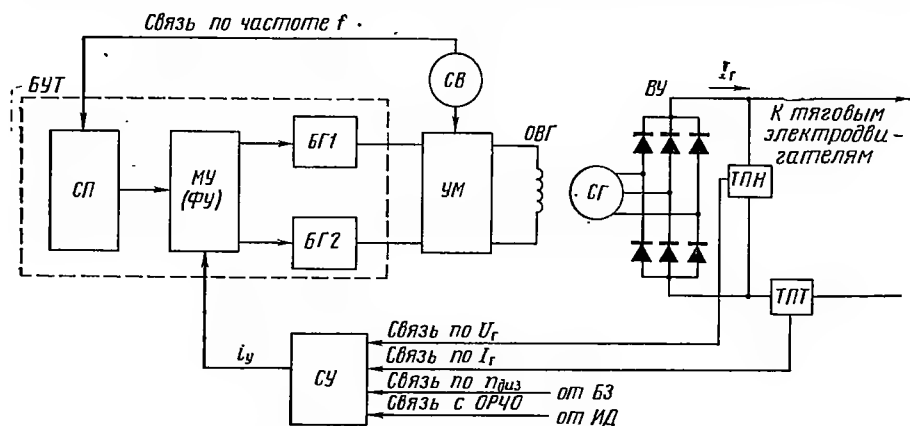


Рис. 187. Структурная схема возбуждения синхронного генератора:

СП — статический преобразователь; МУ — магнитный усилитель с внутренней обратной связью (ФУ — фазосдвигающее устройство); БГ1, БГ2 — блокинг-генераторы; УМ — управляемый мост; ОВГ — обмотка возбуждения генератора; СВ — синхронный подвозбудитель; СГ — синхронный генератор; ВУ — выпрямительная установка; СУ — селективный узел; ТПТ — трансформатор постоянного тока; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; БЗ — блок задания; ИД — индуктивный датчик; ОРЧО — объединенный регулятор числа оборотов; БУТ — блок управления тиристорами; I_g , U_g — ток и напряжение синхронного генератора

новку электрических машин на тепловозе. Использование в качестве возбудителя машины переменного тока повысило надежность и удешевило систему возбуждения. Чтобы лучше понять тиристорную схему возбуждения, начнем изучение ее структурной схемы (рис. 187).

Схема возбудителя включает в себя: БУТ — блок управления тиристорами; УМ — управляемый тиристорный мост, нагрузкой которого служит обмотка возбудителя синхронного генератора ОВГ; СВ — синхронный возбудитель и СУ — селективный узел, в котором формируется управляющий импульс i_y , в зависимости от тока и напряжения главного генератора, скорости вращения вала дизеля и сигнала от ИД. БУТ состоит из: СП — статического преобразователя; МУ — магнитного усилителя с внутренней обратной связью, выполняющего роль фазосдвигающего устройства; БГ1, БГ2 — двух блокинг-генераторов, вырабатывающих управляющие импульсы для тиристоров. Для того чтобы синхронный генератор имел требуемую

внешнюю характеристику, необходимо автоматически изменять по определенному закону возбуждение генератора.

В рассматриваемой системе для регулирования тока возбуждения генератора $I_{\text{овг}}$ используются тиристоры кремниевые типа ВКАУ на 150 а и кремниевые силовые диоды ВК2 на 200 а. Все вентили 6-го класса, т. е. рассчитаны на напряжение 600 в. Надежность

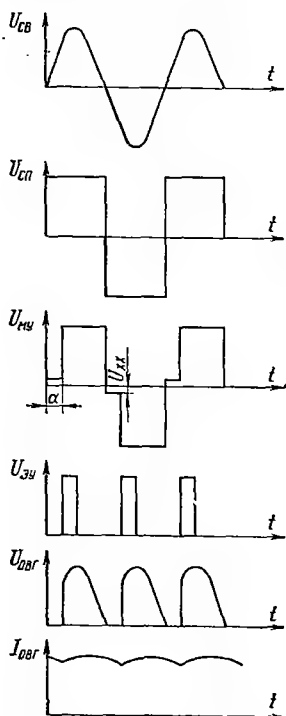


Рис. 188. Диаграмма напряжений и токов

работы управляемого тиристорного моста УМ выпрямителя определяется двумя факторами: надежностью по силовой цепи тиристоров и по цепи управления.

Надежность по силовой цепи тиристора обеспечивается правильным выбором типа и класса самого тиристора с необходимыми запасами по току и напряжению. Надежность по цепи управления обеспечивается подачей на управляющий электрод импульса определенной формы, длительности и амплитуды. Для получения импульса с такими параметрами применяют специальные схемы управления тиристорами. В схеме возбудителя выбран импульсно-фазовый способ управления тиристорами, обеспечивающий надежное управление тиристорами, широкий диапазон регулирования, четкость момента открытия тиристора.

Элементами схемы управления тиристорами для тепловозов с передачей переменного-постоянного тока являются: СП, МУ и два блокинг-генератора БГ1 и БГ2.

Статический преобразователь преобразует напряжение возбудителя $U_{\text{св}}$ с искаженной синусоидальной формой в напряжение прямоугольной формы $U_{\text{сн}}$ (рис. 188). Схема СП подобна схеме преобразователя БП, используемого в бесконтактном регуляторе мощности

(см. стр. 172). Состоит СП из насыщающегося трансформатора, двух германиевых транзисторов и двух стабилитронов.

Магнитный усилитель предназначен для изменения момента подачи управляющего сигнала на тиристор. Необходимый диапазон изменения фазы (сдвига во времени) управляющих импульсов определяется конкретной системой регулирования. При питании МУ синусоидальным напряжением максимальный диапазон регулирования составляет примерно 120° .

Увеличить диапазон регулирования можно за счет питания рабочих обмоток МУ от источника переменного напряжения прямоугольной формы (от СП). При этом максимальный диапазон регулирования может достичь $170-175^\circ$.

Передний фронт напряжения, определяющий момент подачи управляющего импульса, угол α может перемещаться в зависимости от управляющего сигнала — тока i_y в обмотке управления ОУ магнитного усилителя, который вырабатывается в СУ. Угол регулирования α изменяется пропорционально току i_y , т. е. можно написать, что $\alpha \equiv i_y$.

Таким образом, изменением тока в обмотке управления можно регулировать подачу управляющих импульсов, т. е. управлять открытием тиристора.

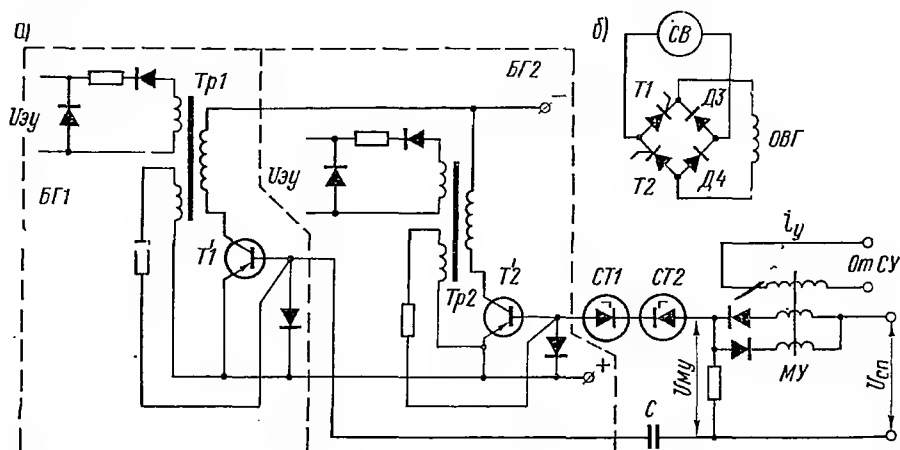


Рис. 189. Принципиальная схема блока управления тиристорами БУТ (а); схема управляемого моста (б):

БГ1, БГ2 — блокинг-генераторы; МУ — магнитный усилитель (ФУ — фазосдвигающее устройство); Т1, Т2 — тиристоры; СТ1, СТ2 — стабилитроны; С — конденсатор; Тр1, Тр2 — трансформаторы; ОБГ — обмотка возбуждения генератора; Т'1, Т'2 — транзисторы

Выработка управляющих импульсов определенной формы, длительности и амплитуды производится блокинг-генераторами БГ1 и БГ2. Каждый блокинг-генератор формирует импульс в один из полупериодов питающего напряжения; можно предположить, что в положительный полупериод БГ1 посылает импульс в электрод управления ЭУ, тиристора Т1, а в отрицательный БГ2 посылает импульс в ЭУ тиристора Т2.

Каждый БГ состоит из транзистора, трансформатора и диодов (рис. 189). Сигналом для пуска БГ является импульс тока, протекающий через конденсатор С в момент скачка напряжения на выходе МУ. Стабилитроны СТ1 и СТ2 служат для предотвращения ложного пуска БГ от напряжения U_{xx} холостого хода МУ и напряжения заряженного конденсатора.

Управляющие импульсы U_{ay} , формируемые БГ, имеют прямоугольную форму (см. рис. 188). Регулирование тока $I_{обг}$ в обмотке возбуждения синхронного генератора производится управляемым выпрямительным мостом МУ (тиристорным усилителем). В два плеча моста включены тиристоры Т1 и Т2, а в другие два плеча — диоды (см. рис. 189, б и 190). Питание моста осуществляется синхронным возбудителем СВ.

Пока на тиристор $T1$ не будет подан импульс от БГ1, тиристор $T1$ закрыт и напряжение на выходе моста $U_{\text{овг}}$ (на обмотке $ОВГ$) будет равно нулю (см. рис. 188). В определенный момент времени, определяемый углом α , на тиристор $T1$ подается управляющий импульс $U_{\text{вг}}$ и он открывается. На обмотке $ОВГ$ появляется напряжение $U_{\text{овг}}$ и, следовательно, по ней потечет ток $I_{\text{овг}}$. Таким образом, на обмотку возбуждения синхронного генератора подается пульсирующее напряжение $U_{\text{овг}}$. Среднее его значение, а следовательно, и средняя

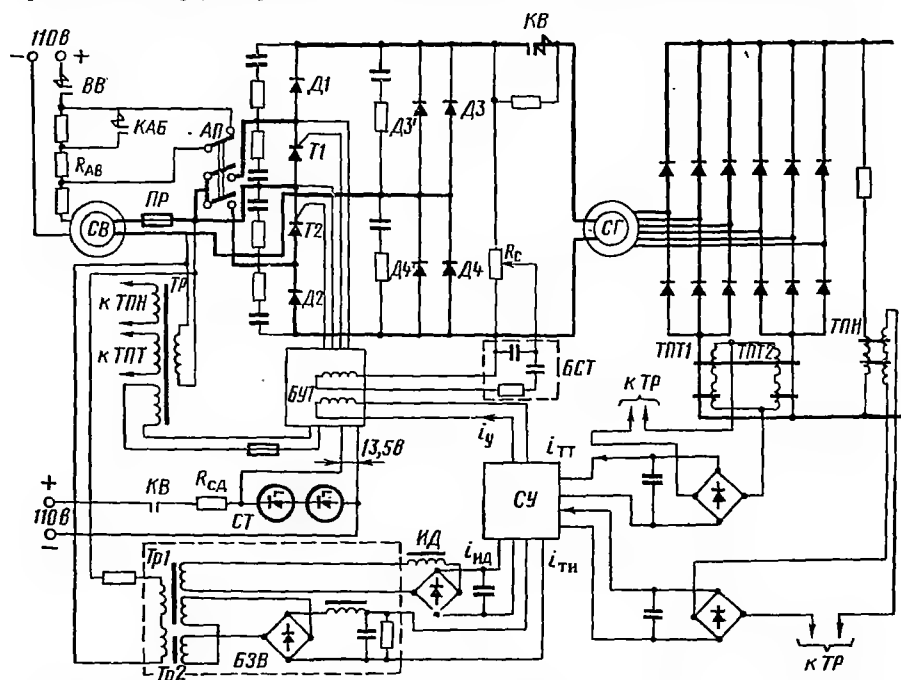


Рис. 190. Принципиальная схема возбуждения генератора. Обозначения см. рис. 187

величина тока $I_{\text{овг}}$ зависят от момента подачи управляющих импульсов, т. е. от угла α . Изменяя этот угол при помощи БУТ от минимального значения до 180° , будем регулировать ток возбуждения генератора от наибольшего значения до нуля.

Так как обмотка возбуждения обладает значительной индуктивностью, то ток, проходящий по ней, сглаживается. В промежутки, когда тиристоры закрыты, ток замыкается через диоды моста.

Параллельное соединение диодов $D3 - D3'$ и $D4 - D4'$ вызвано тем, что при внезапном коротком замыкании в цепи статора главного генератора возникают в его обмотке возбуждения большие пики токов.

Блок управления тиристорами (БУТ) имеет четыре входные цепи и две выходные. Входные цепи: 1) синхронизирующая цепь переменного тока, получающая питание от синхронного возбудителя СВ через распределительный трансформатор Тр; 2) цепь

постоянного тока, питающаяся от вспомогательного генератора через резистор $R_{сд}$ и стабилитронов $СТ$ (с зажимов двух стабилитронов снимается напряжение, примерно равное 13,5 в, которое используется для питания транзисторов блока); 3) цепь тока управления (i_y) МУ, питающаяся от СУ; 4) цепь стабилизации, питающаяся от блока БСТ, предназначенная для обеспечения устойчивой работы схемы (чтобы не возникало незатухающих колебаний).

Выходные цепи подают управляющие импульсы в электроды управления тиристоров $T1$ и $T2$.

Селективный узел СУ формирует внешнюю характеристику главного генератора СГ. В СУ поступают сигналы обратной связи по току и напряжению генератора, от трансформаторов постоянного тока ТПТ1 и ТПТ2 и трансформатора напряжения ТПН. Эти сигналы сравниваются с сигналами уставки, вырабатываемыми блоком задания БЗВ и индуктивным датчиком ИД.

Разность сигналов в виде управляющего сигнала i_y поступает в обмотку управления МУ блока возбуждения БУВ (или БУТ), в котором формируются импульсы, отпирающие тиристоры, и регулирующие момент их подачи, в результате чего устанавливается требуемый ток в обмотке возбуждения СГ. Принцип действия и устройство трансформаторов ТПТ и ТПН аналогичны устанавливаемым на тепловозах 2ТЭ10Л. В качестве блока задания БЗВ используется статическое тахометрическое устройство (см. стр. 170). Напряжение на выходе блока пропорционально частоте возбудителя и, следовательно, скорости вращения вала дизеля.

Катушка ИД получает питание от БЗВ, так как напряжение возбудителя имеет значительные колебания, а напряжение БЗВ стабилизировано. При изменении положения сердечника ИД, связанного с сервоприводом объединенного регулятора дизеля, ток датчика изменяется (см. стр. 164).

Схема СУ приведена на рис. 191. Собственно узел состоит из потенциометров обратной связи ПОС, потенциометров задания ПЗ и потенциометра индуктивного датчика $R_{ид}$. На ПОС подаются токи от ТПТ и ТПН, вследствие чего на потенциометрах образуются падения напряжения.

Сигналы по току генератора — U_{ao} , по напряжению — U_{eo} ; по сумме тока и напряжения — U_{eo} . На потенциометры задания ПЗ

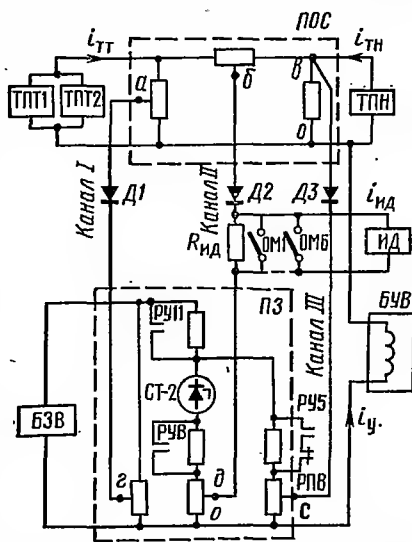


Рис. 191. Схема селективного узла СУ: ПОС — панель обратной связи; ПЗ — панель задания; БЗВ — блок задания возбуждения (остальные обозначения — рис. 187)

токи поступают от БЗВ, в результате чего образуются падения напряжения $U_{\omega 0}$; $U_{\delta 0}$ и $U_{\omega 0}$ — сигналы уставки. Точки отрицательных потенциалов потенциометров соединены через обмотку управления МУ блока БУВ. Точки положительной полярности соединены так, что сигналы обратной связи и уставки канала регулирования действуют встречно. Канал регулирования — это пара сигналов (обратной связи и уставки), в цепь которых включены обмотка управления МУ и разделительный диод (Д1, Д2 или Д3), обеспечивающий требуемую очередность работы каналов.

Под действием разности сигналов ПОС и ПЗ по каналу течет ток, который через блок БУВ изменяет возбуждение генератора так, что регулируется один из участков внешней характеристики генератора (рис. 192). В области больших токов диоды Д2 и Д3 будут заперты,

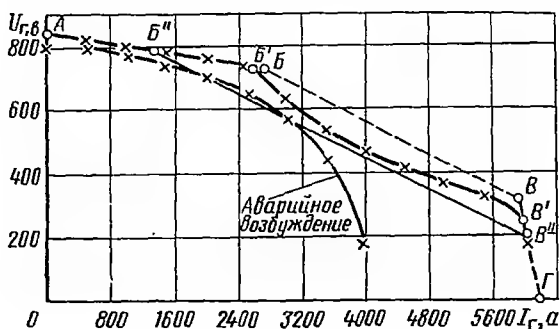


Рис. 192. Внешняя характеристика генератора на 15-й позиции контроллера

так как сигналы обратной связи меньше, чем уставки; работает только канал I — поддерживается ток по прямой ВГ. В точке В происходит открытие канала II и закрытие I, при этом мощность изменяется по прямой ВБ. В точке Б открывается канал III, а канал II закрывается, напряжение регулируется по прямой БА. Потенциометр $R_{ид}$ включен в канал II, напряжение на $R_{ид}$ суммируется с $U_{\delta 0}$, следовательно, сигнал установки по мощности может меняться. При наибольшем токе ИД мощность будет регулироваться по прямой ВВ а при наименьшем — по $Б''В''$. В процессе работы регулирование происходит по гиперболической кривой $Б'В'$.

Изменение характеристики по позициям контроллера машиниста происходит вследствие изменения напряжения БЗВ (изменяется скорость вращения вала дизеля) и уставки по мощности объединенного регулятора дизеля. Контакт реле РУ8 вводит в ПЗ дополнительную ступень сопротивления плавного пуска на первой позиции контроллера. Контакты реле РУ11 вводят сопротивление в цепь канала II при срабатывании защиты от боксования, т. е. частично снижают мощность СГ.

При холостом ходе напряжение СГ снижается за счет ввода добавочного сопротивления в цепь канала III контактами реле РУ5 до величины, требуемой для питания мотор-вентиляторов собственных нужд. Это же сопротивление вводится при пробое одного из вентиля

силовой выпрямительной установки ВУ (размыкаются контакты реле РПВ). Максимальное напряжение при этом равно 550 в.

Стабилитрон в цепи уставки канала II предназначен для уменьшения мощности генератора на низших позициях контроллера машиниста. При повреждении одного из тяговых электродвигателей мощность генератора снижается примерно на 17% за счет закорачивания потенциометра $R_{ид}$ контактом отключателя электродвигателя ОМ.

Узел стабилизации (см. рис. 190) состоит из потенциометра R_c , блока БСТ и стабилизирующей обмотки управления МУ.

Выходное напряжение выпрямительного управляемого моста, на которое подключен R_c , является пульсирующим (напряжение $U_{овг}$ на рис. 188). Оно содержит переменную высокочастотную составляющую, которая поглощается конденсатором фильтра блока БСТ (см. рис. 190). Колебания, возникающие при неустойчивой работе системы, передаются через конденсатор и резистор в стабилизирующую обмотку управления МУ, демпфирующее ее действие устраняет колебания на выходе управляемого моста.

Аварийное возбуждение. Если произошло повреждение основной схемы возбудителя, то переключатель АП переводят в аварийный режим. Этим закорачивают тиристоры Т1 и Т2 и вводят в цепь возбуждения возбудителя резистор $R_{ав}$.

При аварийном режиме мост становится неуправляемым, т. е. ток возбуждения генератора для данной позиции остается постоянным. Внешняя характеристика для аварийного режима приведена на рис. 192.

§ 8. СХЕМА ПУСКА ДИЗЕЛЯ

Для пуска вал дизеля необходимо раскрутить до скорости вращения, при которой появляются вспышки в цилиндрах. На большинстве тепловозов в главном генераторе предусмотрена пусковая обмотка, которая обычно содержит три витка. При пуске якорь главного генератора последовательно с пусковой обмоткой подключается к аккумуляторной батарее с помощью двух контакторов Д1 и Д2 (см. исполнительные схемы тепловозов 2ТЭ10Л и ТЭМ2 в гл. V, рис. 196 и 203).

На магистральных тепловозах последних выпусков батареи двух секций на время пуска дизеля соединяются параллельно, для чего используется третий пусковой контактор Д3. На первых выпусках тепловозов ТЭ10 и ТЭП60 применялись схемы пуска дизелей, в которых генератор, не имеющий пусковой обмотки, возбуждался от основной обмотки возбуждения. Схема такого пуска дизеля тепловоза ТЭ10 показана на рис. 193.

При пуске после окончания прокачки масла получают питание катушки контакторов Д1, ДВ1, ДВ2 и реле времени. Замкнувшись, контакты контакторов ДВ1 и ДВ2 подключают обмотку возбуждения главного генератора к аккумуляторной батарее; средний вывод обмотки (НН1) присоединяется к минусовой цепи главного генератора.

В обмотке возбуждения генератора появлялся и растет ток от аккумуляторной батареи.

Вслед за *ДВ1* включается контактор *Д1*. После того как *Д1* включился, часть обмотки возбуждения генератора *НН — НН1*, содержащая катушки двух полюсов, оказывается зашунтированной сопротивлением якоря генератора. Сопротивление якоря очень мало, поэтому ток в этой части обмотки, не успев увеличиться, остается весьма малым. В часть обмотки возбуждения *НН1 — Н*, состоящей из катушек восьми полюсов, ток от батареи поступает по-прежнему (через обмотку якоря генератора) и продолжает увеличиваться.

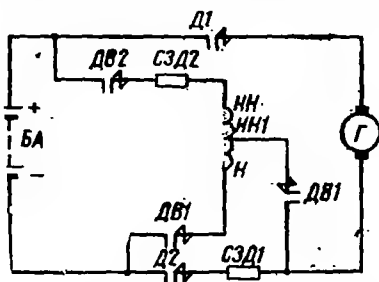


Рис. 193. Принципиальная схема пуска дизеля тепловоза ТЭ10:

БА — аккумуляторная батарея; *Д1*, *Д2* — пусковые контакторы; *ДВ1*, *ДВ2* — пусковые контакторы возбуждения; *СЗД1* и *СЗД2* — добавочные резисторы в цепях пуска

Реле времени задерживает включение контактора *Д2*. Эта выдержка времени позволяет току в катушках восьми полюсов генератора нарасти до полной величины. Когда контактор *Д2* включится, ток от батареи поступит в якорь генератора; начинается раскрутка вала дизеля. По мере разгона напряжение на зажимах якоря генератора увеличивается и соответственно возрастет ток в части обмотки возбуждения *НН — НН1*. Другая часть обмотки (*НН1 — Н*) после включения *Д2* шунтируется резистором *СЗД1*, вследствие чего ток в ней постепенно будет спадать. Величина сопротивления *СЗД1* выбирается таким образом, чтобы обеспечить устойчивый проворот дизель-генератора с определенной скоростью вращения.

Когда произойдут вспышки в цилиндрах, скорость вращения дизеля и противо-э. д. с. генератора увеличатся, ток в цепи батареи снизится, соответственно уменьшится падение напряжения на резисторе *СЗД1* и ток в части обмотки *НН1 — Н*. Величина сопротивления *СЗД2* выбирается такой, чтобы в момент достижения дизелем скорости вращения 400 об/мин (холостой ход) противо-э. д. с. генератора была равна напряжению батареи; при этом ток в цепи батареи (а также в части обмотки *НН1 — Н*) становится близким к нулю.

Рассмотренная схема значительно сложнее, чем схема с использованием пусковой обмотки. Кроме того, имеется опасность перехода генератора с двигательного режима на генераторный из-за увеличения его напряжения и тока в части обмотки *НН — НН1*.

Схема пуска дизеля ТЭП60 работает аналогично, но в ней отсутствует цепь, содержащая контактор *ДВ2*, резистор *СЗД2* и промежуточный вывод обмотки возбуждения *НН1*. При этом в процессе пуска вся обмотка возбуждения генератора соединяется последовательно с якорем и после включения контактора *Д2* шунтируется резистором.

§ 9. ЗАЩИТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ТЕПЛОВОЗА

В схеме тепловоза предусматривается сброс нагрузки при пробое изоляции на корпус и защита от разностного боксования.

Нагрузка сбрасывается с помощью реле заземления. Конструкция реле заземления и схема подключения описаны в гл. III. На ряде тепловозов применена более совершенная схема защиты от заземления (рис. 194). В этой схеме последовательно с катушкой реле включается вторичная обмотка трансформатора Tr . Первичная обмотка трансформатора питается от источника переменного тока.

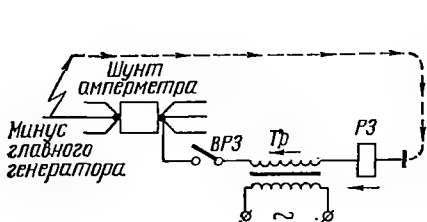


Рис. 194. Схема включения реле заземления на переменном токе:

Tr — трансформатор; $РЗ$ — катушка реле заземления; $ВРЗ$ — выключатель реле заземления

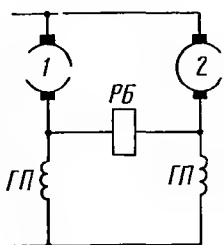


Рис. 195. Схема включения реле боксования при параллельном соединении электродвигателей:

$РБ$ — катушка реле боксования; 1, 2 — якоря тяговых электродвигателей; $ГП$ — обмотка главных полюсов электродвигателей

Как только возникнет заземление, образуется замкнутый контур с катушкой реле. В этом контуре, кроме напряжения главного генератора, действует напряжение трансформатора. При заземлении в минусовых частях силовой цепи, когда величина напряжения от главного генератора в этом контуре недостаточна для срабатывания реле, оно срабатывает от напряжения трансформатора. Таким образом, схема защиты от заземления с трансформатором обеспечивает защиту всех участков силовой цепи.

Для защиты от разностного боксования в схеме тепловоза установлены реле боксования. Схема включения реле боксования для тепловозов ТЭЗ и его конструкция приведены в гл. III.

При параллельном соединении электродвигателей (тепловозы ТЭ10, ТЭП60) катушка реле включается, как показано на рис. 195. При боксовании одной из осей ток в цепи электродвигателя боксующей оси уменьшается, при этом уменьшается падение напряжения на обмотке возбуждения данного двигателя. Падение напряжения на обмотке электродвигателя небоксующей оси остается прежним. Вследствие этого образуется разность потенциалов на зажимах катушки реле и оно срабатывает. На тепловозе устанавливаются обычно три реле боксования; каждое реле защищает два электродвигателя.



СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ

§ 1. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЗАМИ И КЛАССИФИКАЦИЯ СХЕМ

Локомотив, работающий на линии, требует изменения режима работы основных агрегатов в широких пределах, т. е. он должен быть снабжен системой управления. Системы управления, применяемые на локомотивах, бывают двух видов: непосредственные и дистанционные.

При непосредственной системе управления пуск дизеля, включение и выключение тяговых электродвигателей, регулирование скорости движения осуществляются контроллерами, включенными непосредственно в силовую цепь. Такая система управления распространена на электроподвижном составе с малыми мощностями тяговых электродвигателей, главным образом на трамваях. Применение ее ограничивается напряжением и мощностью, так как даже при небольших напряжениях разрыв тока сопровождается подгоранием пальцев и сегментов контроллера. Система с непосредственным управлением в тепловозной практике не нашла себе применения, потому что при высоких напряжениях опасна для машиниста и, кроме того, из-за больших размеров контроллера машиниста неудобна.

Система с дистанционным управлением характерна тем, что переключения в силовой цепи производятся контакторами и другими аппаратами, управляемыми контроллером, установленным на посту машиниста.

Как отмечалось при описании конструкции электрических аппаратов, все аппараты, включаемые в силовую цепь, состоят из двух частей — силовой и низковольтной, соединенной с контроллером машиниста.

При повороте рукоятки контроллера происходят переключения низковольтных цепей, которые включают или выключают высоковольтную часть контактора или устанавливают аппарат в требуемое положение. Последовательность замыкания контакторов достигается введением соответствующих зависимостей включения тех или других аппаратов, осуществляемых блокировочными устройствами.

Дистанционное управление дает возможность управлять с одного поста высоковольтными контакторами и аппаратами нескольких тепловозов. Для этого цепи управления тепловозов соединяются между собой параллельно. Такое управление называется *управлением по системе многих единиц*.

На тепловозах нашло широкое применение дистанционное управление, которое может быть ручным и автоматическим.

Обычно на тепловозах бывает автоматизировано лишь регулирование мощности, разгон же тепловоза осуществляется ручным дистанционным управлением путем применения нескольких пусковых положений контроллера машиниста.

На всех тепловозах, работающих на дорогах СССР, применено автоматическое регулирование мощности генератора и переключение тяговых электродвигателей с одного соединения на другое.

Электрической схемой называется графическое изображение электрических машин, аппаратов и соединяющих их цепей с указанием предусмотренного взаимодействия между ними.

В практике используют принципиальную, принципиально-монтажную, полумонтажную, или исполнительную, и монтажную схемы.

На *принципиальных схемах* изображены основные электрические соединения, требующиеся только для представления о том, по каким электрическим цепям и через какие элементы электрического оборудования проходит ток от источника к потребителю. Второстепенные элементы (соединительные зажимы, промежуточные провода, переходные клеммы и пр.) на этих схемах не показывают.

На *исполнительной схеме* указываются все зажимы и провода электрических соединений; номера проводов те же, что и на тепловозе. Такой схемой пользуются при отыскании повреждений, проверке правильности монтажа, при испытании узлов тепловоза.

В *принципиальных и полумонтажных схемах* машины и аппараты располагаются без учета их размещения на тепловозе, отдельные части машин и аппаратов (обмотки якоря и возбуждения, контакты силовые и блокировочные и пр.) расположены в разных местах схемы. Механическая связь между частями аппаратов не указана. Машины и аппараты на всех схемах показаны в обесточенном состоянии.

На *монтажных схемах* машины и аппараты изображены с учетом их фактического размещения. На схемах приводятся марка, сечение, раскладка проводов, виды соединений и креплений и пр. Такими схемами пользуются при монтаже электрооборудования на заводах-изготовителях, а также после заводского ремонта.

В книге описываются исполнительная схема и принципиальные, схемы для отдельных цепей. Прежде чем приступить к изучению схемы, необходимо познакомиться с условными изображениями основных элементов, которые приводятся ниже для электрических схем тепловозов.



Якорь электрической машины. Внутри обозначения якоря при необходимости указывается генератор — Г, возбуждатель — В, вспомогательный генератор — ВГ, тяговые электродвигатели — 1, 2, 3 ... и т. п.



Обмотка параллельная (шунтовая) или независимого возбуждения электрической машины.



Обмотка последовательная (серийная) или дополнительных полюсов электрической машины.

Катушка реле, контактора, вентиля.

Контакт с дугогашением.

Блокировочный контакт контактора или реле замыкающий.

Блокировочный контакт контактора или реле размыкающий.

Контакт замыкающий с выдержкой времени при замыкании, при размыкании.

Контакт пневматического реле (реле давления масла, воздуха и т. д.).

§ 2. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ10Л

На рис. 196, 197 (см. вклейки в конце книги), 198 приведены исполнительные схемы электрических соединений одной секции тепловоза 2ТЭ10Л и монтажные схемы электрических аппаратов.

Чтобы облегчить изучение электрической схемы, рассмотрим ее по отдельным цепям.

Силовая цепь (см. рис. 196) состоит из главного генератора *Г*, тяговых электродвигателей *1—6*, реверсора *ПР*, силовых контакторов *П1—П6*, контакторов *ВШ1* и *ВШ2*, резисторов ослабления поля *СШ1—СШ6*. К силовой цепи также можно отнести и цепь пуска, куда входят пусковые контакторы *Д1—Д3* и аккумуляторная батарея *БА*.

Разгон тепловоза и движение с малыми скоростями происходят на полном поле тяговых электродвигателей. При этом создается цепь: плюс *Г* (вывод *Я*), провода *531—536*, силовые контакты контакторов *П1—П6*, якоря электродвигателей. Проследим цепь первого двигателя. Ток через контактор *П1* поступает к якору двигателя *1*, идет по обмотке дополнительных полюсов, проводу *544*, контактам реверсора *ПР*, проводу *634*, обмотке возбуждения *К—КК*, проводу *624*, контактам реверсора *ПР*, проводу *604*, шунту амперметра *104*, проводу *598—603*, обмотке дополнительных полюсов генератора *ДП*, на минус генератора (вывод *ЯЯ*). Цепи питания параллельно соединенных электродвигателей *2—6* аналогичны.

При движении «вперед» выводы *ЯЯ* электродвигателей *1, 2, 4* соединены с выводом *К* их обмоток возбуждения, а электродвигатели *3, 5, 6* — с выводом *КК*. Это обусловлено тем, что двигатели подвешены с различных сторон осей колесных пар, следовательно, для вращения их в одном направлении якоря двигателей должны вращаться в разные стороны. При установке реверсора «назад» замыкается другая пара контактов и изменяет направление тока в обмотках возбуждения двигателей, тепловоз движется в противоположном направлении.

С увеличением скорости до 38—40 км/ч, что соответствует току генератора на 15-м положении контроллера 3050—3100 а, срабатывает реле РП1, замыкает цепь питания катушки группового контактора ослабления поля первой ступени — ВШ1. Силовые контакты контакторов ВШ1 подключают резисторы, шунтирующие обмотки возбуждения электродвигателей СШ1 — СШ6. Создаются две цепи питания: первая — контакты реверсора ПР, провод 634, обмотка К — КК, провода 624, 604, минус Г; вторая — контакты реверсора ПР, провода 557, 556, контакты ВШ1, резистор СШ1, провод 618, минус Г.

Аналогичные цепи создаются в двигателях 2 и 4. В двигателях 3—6 направление тока в обмотках возбуждения противоположно. При подключении резисторов ослабления поля первой ступени ток возбуждения двигателей составляет 60% тока якоря.

При повышении скорости движения до 55—60 км/ч, что соответствует току генератора 2850—2900 а на 15-й позиции контроллера срабатывает реле перехода ослабления поля второй ступени РП2 и замыкает цепь питания катушки ВШ2.

В дополнение к подключенным шунтирующим резисторам подсоединяются вторые элементы резисторов СШ1 — СШ6. При этом по обмоткам возбуждения протекает 37% тока якоря.

Пуск дизеля и работа его без нагрузки (см. рис. 196, 199). Чтобы пустить дизель, необходимо выполнить следующие операции:

включить разъединитель ВБ аккумуляторной батареи и автоматический выключатель 46 «Топливный насос»;

включить замковый ключ КЗ и поставить в соответствующее положение переключатель режимов ПКР. Убедиться, что рукоятка контроллера находится на нулевой позиции; включить автоматические выключатели 46 «Электроизмерительные приборы» и 45 «Управление дизелем»; включить автомат «Управление», после того как давление в топливном коллекторе достигнет 1,5—2 кг/см²; дать предупредительный сигнал о пуске дизеля; включить кнопку «Пуск дизеля».

Вначале рекомендуется пускать дизель ведомой секции.

Разберем работу тепловоза в односекционном исполнении (переключатель ПКР стоит в положении двухсекционной работы; так же как и на рис. 196).

Цепь питания реле управления РУЗ будет следующей: плюс БА, провод 392, предохранитель на 160 а, провод 391, шунт амперметра 103, провод 386, резистор заряда батареи СЗБ, провода 379, 399 × 3, плюсовая клемма 1/1 ÷ 4, контакт ПКР, провода 320, 113, 392, ключ КЗ, провод 353, автомат 46 «Топливный насос», провода 354, 355, 358, размыкающий контакт реле РУ7, провод 362, катушка реле РУЗ, провода 381, 364, 363, 347, 304, 299, 270, 336 × 3, 398 × 3, минус БА.

После срабатывания реле РУЗ через его замыкающий контакт между проводами 225 и 255 получает питание электродвигатель топливного насоса по следующей цепи: плюс БА, провод 224, автомат 45 на 20 а «Управление дизелем», провод 225, замыкающий контакт РУЗ, провод 255, автомат 46 «Топливный насос», провода 253, 237, топливный насос ТН, его обмотки, провод 275, минус БА.

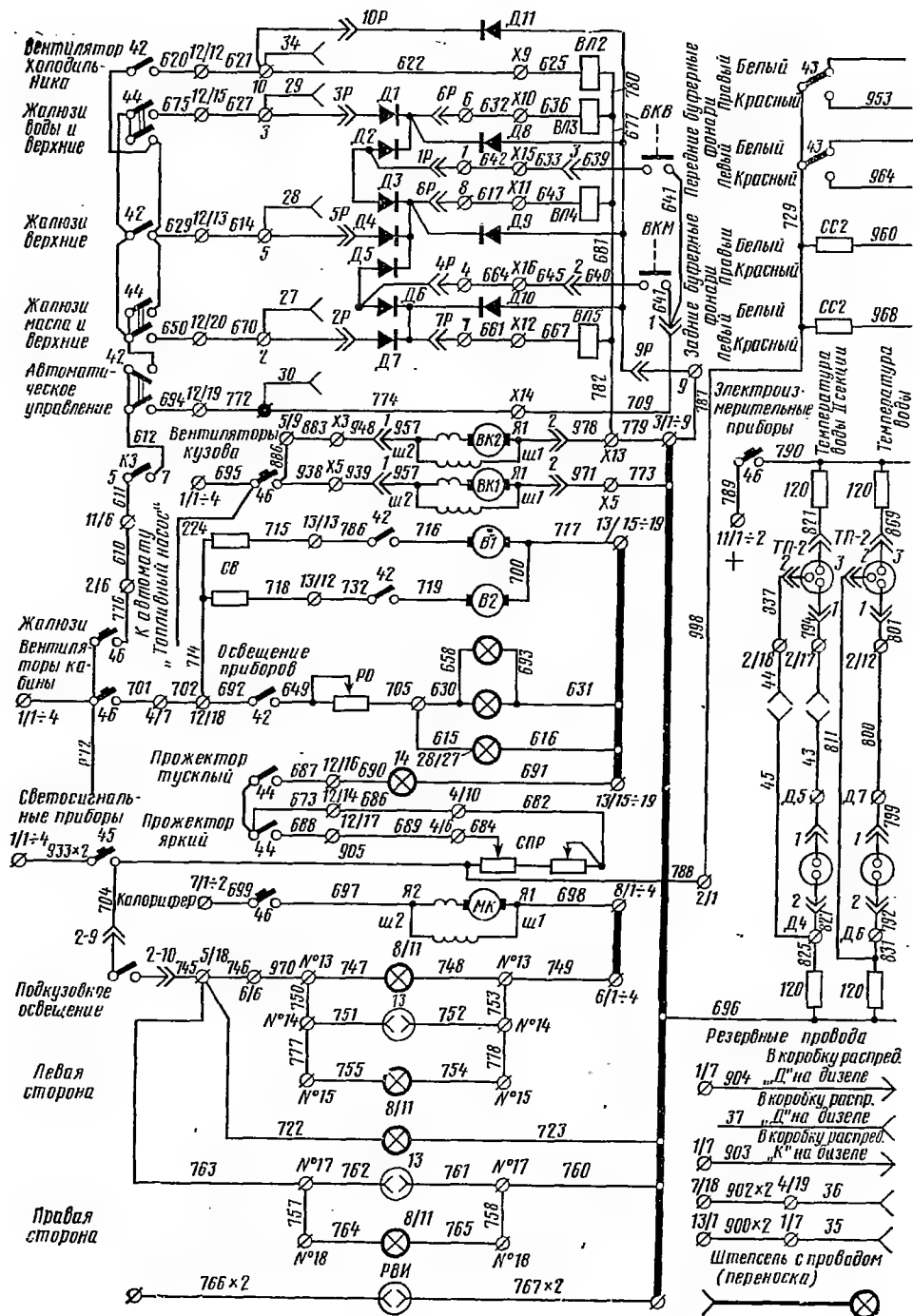
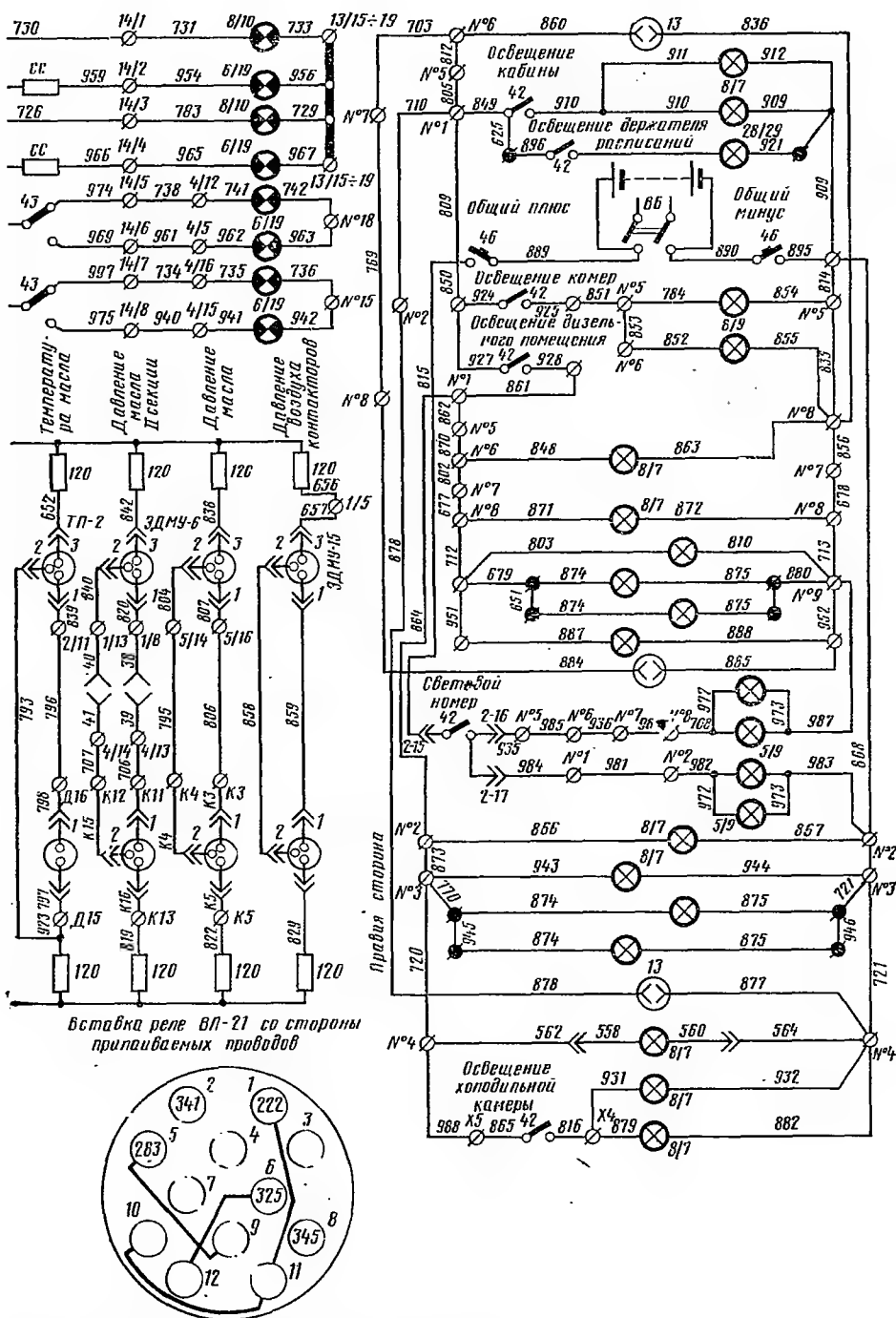


Рис. 198. Исполнительная схема



вспомогательных цепей тепловоза 2ТЭ10J1

Одновременно получает также питание катушка электропневматического вентиля ВП6, отключающего левый ряд топливных насосов при работе дизеля на холостом ходу, по цепи: плюс БА, провод 224, автомат 45 «Управление дизелем», провод 225, замыкающий контакт РУ3, провод 226, размыкающий контакт ВВ, провода 231, 232, катушка вентиля ВП6, провода 29, 254, минус БА. Вентиль ВП9

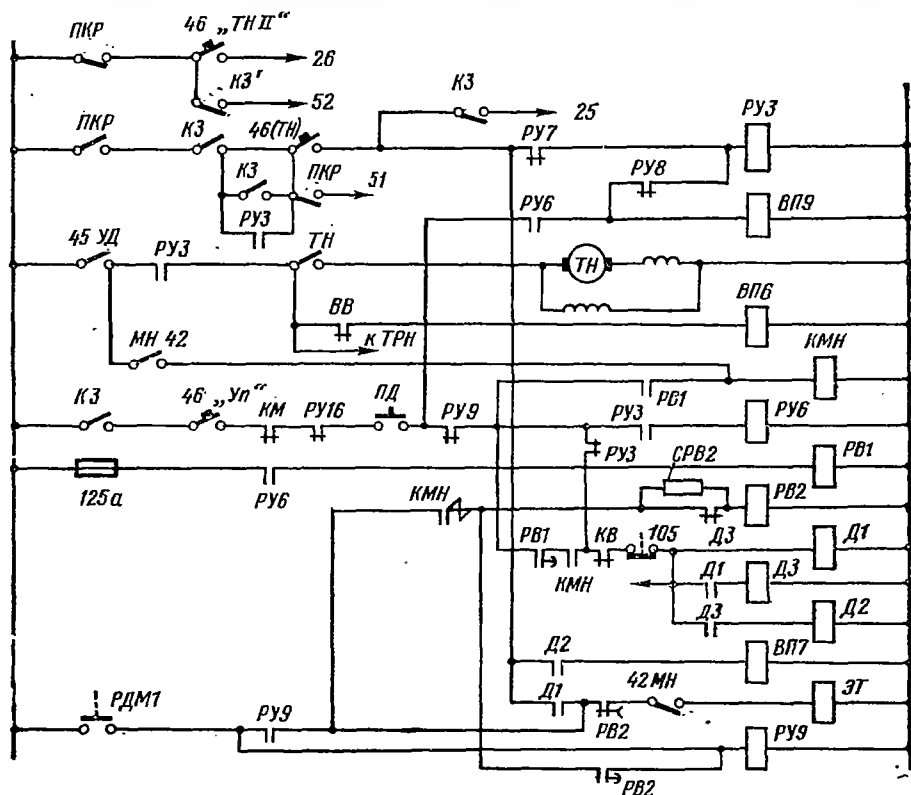


Рис. 199. Принципиальная схема пуска дизеля

обеспечивает дополнительное отключение еще 5 топливных насосов на нулевой и 1-й позициях контроллера. Питание ВП9 получает от зажима автомата 46 «Топливный насос» по проводам 354, 355, 358, размыкающие контакты РУ7, провод 343, размыкающие контакты РУ8, провода 995, 996, К18, катушка вентиля ВП9, К17, 922 — БА.

Обмотка возбуждения вспомогательного генератора ВГ питается по цепи: плюс БА, провод 224, выключатель 45 «Управление дизелем», замыкающий контакт РУ3, провода 236, 918, размыкающий контакт контактора Д1, провод 919, размыкающий контакт контактора Д2, провода 917, 235, резистор ТРН, провод 380, обмотка возбуждения Ш — ШШ, провод 383, токовая катушка ТРН, провод 384, минус БА.

С тем чтобы не перегрузить генератор *ВГ* во время пуска дизеля, блокировочные контакты контакторов *Д1* и *Д2* в цепи возбуждения *ВГ* размыкаются.

После создания давления 2 кг/см^2 в топливной системе включается автомат *45* «Управление» и нажимается кнопка «Пуск дизеля», при этом создается цепь питания катушки реле *РУ6*: плюс *БА* (клемма *11/1—2*), провод *346*, ключ *К3*, провод *332*, автомат «Управление», провод *316*, 4-й снизу контакт контроллера машиниста *КМ* (замкнут только на нулевой позиции), провода *1066*, *1185*, размыкающий контакт *РУ16*, провода *1072*, *1073*, кнопка *ПД*, провода *318*, *323*, *324*, размыкающие контакты *РУ9*, провод *337*, замыкающие контакты *РУ3*, провод *321*, катушка реле *РУ6*, провода *363*, *347*, *304*, *299*, *270*, минус *БА*.

После срабатывания реле *РУ6* одним замыкающим контактом создается цепь питания катушки реле времени *РВ1* по цепи: плюс *БА*, провод *392*, предохранитель на *125 а*, провода *294 × 3*, *200*, замыкающий контакт *РУ6*, провод *341*, катушка *РВ1*, провод *222*, минус *БА*. Другой замыкающий контакт *РУ6* создает цепь питания катушки *РУ6* параллельно пусковой кнопке, т. е. она может быть отпущена, а процесс пуска произойдет автоматически.

Цепь катушки *РУ6* следующая: размыкающий контакт реле *РУ7*, провод *343*, размыкающий контакт *РУ8*, провод *348*, замыкающий контакт *РУ6*, провод *371*, размыкающий контакт *РУ9*, провода *337*, *372*, *321*, катушка *РУ6* и далее на минус *БА*.

Сработав, реле *РВ1* своим мгновенным замыкающим контактом обеспечит питание катушки контактора маслопрокачивающего насоса *КМН*: плюсовая клемма *1/6*, провод *358*, размыкающий контакт *РУ7*, провод *343*, размыкающий контакт *РУ8*, провод *348*, замыкающий контакт *РУ6*, провод *371*, размыкающий контакт *РУ9*, провод *283*, мгновенный контакт *РВ1*, провод *345*, катушка контактора *КМН*, провод *146*, минус *БА*.

Силовые контакты контактора *КМН* подключают электродвигатель маслопрокачивающего насоса к аккумуляторной батарее через предохранитель *107* на *125 а*, провод *294 × 3*, силовые контакты *КМН*, провода *295 × 3*, *296 × 3*, якорь двигателя *КМН* и его обмотки, провод *297 × 3*, минус *БА*. Работа маслопрокачивающего насоса продолжается до конца пуска. Замыкающий контакт *РВ1* с выдержкой времени на замыкание в *90 сек* (между проводами *283* и *325*) создает цепь питания катушки пускового контактора *Д1*.

Цепь питания катушки *Д1*: плюс *БА* (*1/14*), провод *324*, размыкающий контакт *РУ9*, провод *283*, замыкающий контакт *РВ1*, провод *325*, размыкающий контакт *КМН*, провод *326*, размыкающий контакт контактора возбуждения генератора *КВ*, провода *287*, *331*, контакты вала поворотного механизма *105*, провода *333*, *368*, катушка *Д1*, провода *335*, *252*, *251*, минус *БА*. Одновременно от провода *368* получает питание катушка *РВ2* через размыкающий контакт контактора *Д3*, по проводам *369*, *382*, *365*.

Блокировочный контакт *105* установлен для предохранения помехи валоповоротного устройства (предназначенного для ручной про-

крутки коленчатых валов дизеля) и перегрузки аккумуляторной батареи. При пуске дизеля червячное колесо должно быть выведено из зацепления; тем самым осуществляется отключение устройства. Только в этом случае контакт 105 замкнется.

Силовые контакты контактора Д1 соединят минус аккумуляторной батареи с пусковой обмоткой П главного генератора, а замыкающий контакт Д1 создаст цепь катушек контакторов Д3 обеих секций. Катушка Д3 собственной секции питается по проводу 250, а второй секции — по проводам 249, 50 своей секции, межтепловозное соединение — по проводам 50, 249, 250, на катушку Д3, провод 251 и минус БА. Силовые контакты Д3 соединяют параллельно плюсовые зажимы аккумуляторных батарей первой и второй секций на время пуска. Минусы батарей соединены проводами 393 и 293 × 2 постоянно. Замыкающий контакт Д3 создает цепь катушки контактора Д2. Силовой контакт Д2 соединяет плюс батареи с цепью главного генератора.

Чтобы получить вспышки в цилиндрах дизеля, необходимо подать в них топливо, а это возможно после включения в работу регулятора числа оборотов дизеля, который установит рейки топливных насосов в требуемое положение.

Регулятор дизеля устанавливает в рабочее положение рейки топливных насосов после включения тягового магнита ЭТ (соленоида).

Катушка магнита ЭТ дизеля получает питание, как только замкнется контакт контактора Д1 между проводами 241 и 247.

Цепь катушки ЭТ следующая: плюс БА, зажим 1/6, провод 241, замыкающий контакт Д1, провода 247, 327, размыкающие контакты с выдержкой времени реле РВ2, провод 258, тумблер 42 «Маслопрокачивающий насос», провода 330, 248, д12, катушка ЭТ, провода д14, 254, общий минус.

При включении контактора Д2 его замыкающий контакт создает цепь катушки электропневматического вентиля ВП7 (ускорителя пуска), плюсовый зажим 1/6, провода 241, 242, замыкающий контакт Д2, провода 243, 244, д10, катушка ВП7 и далее на минус по проводам д9, 254. Вентиль срабатывает и обеспечивает в период пуска дизеля повышенное давление масла под силовым поршнем объединенного регулятора мощности, и рейки топливных насосов устанавливаются почти на максимальную подачу топлива. Дизель начинает работать.

Когда в верхнем коллекторе дизеля давление масла достигнет $0,6 \text{ кг/см}^2$, срабатывает реле давления масла РДМ1, контакты которого создают цепь питания катушек реле РУ9 и ЭТ. Срабатыванием РДМ1 заканчивается пуск дизеля. Включившись, реле РУ9 контактом между проводами 371 и 337 разрывает цепь питания катушек РУ6, Д1, Д2, Д3 и КМН. Реле РУ6 своим замыкающим контактом прерывает цепь катушки РВ1.

При работе дизеля катушка ЭТ получает питание через контакты РДМ1 и реле РУ9, чем обеспечивается защита дизеля от пониженного давления масла. Если давление масла упадет ниже $0,5 \text{ кг/см}^2$ (что грозит выходом из строя подшипников коленчатого вала), контакты реле РДМ1 разомкнутся, катушка ЭТ обесточится и дизель остановится.

Чтобы ограничить продолжительность пуска дизеля, применено реле времени *PВ2*, которое отрегулировано на 30 сек. По истечении 30 сек замыкающий контакт *PВ2* (между проводами 1147 и 1146) замыкает цепь питания катушки *PУ9* и схема автоматического пуска разбирается.

Схемой предусмотрена предварительная прокачка масла вручную при помощи тумблера 42 «Маслопрокачивающий насос», включенного между проводами 288 и 377.

В цепи пуска добавлены блокировочные контакты *ВШ1* и *ВШ2* и реле *PУ18*. Эти введенные дополнения исключают возможность проворота вала дизеля и работы песочниц на неработающей секции, если на работающей проверяют ослабление поля.

При определенном числе оборотов, когда напряжение *ВГ* превысит на 2—3 в напряжение *БА*, начнется заряд батареи по цепи: плюс *ВГ*, провод 395, предохранитель на 125 а, провод 373, диод *ДЗБ*, провод 379, резистор *СЗБ*, провод 386, шунт 103, провод 391, предохранитель на 160 а, провод 392, нож рубильника *ВБ*, кабель 396, плюс *БА*.

Минусы аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора соединены через кабель 394, нож рубильника *ВБ* и кабель 397.

Резистор *СЗБ* введен в цепь заряда с целью уменьшения толчков тока при подключении генератора *ВГ* на разряженную батарею. При этом большой зарядный ток создает значительное падение напряжения на сопротивлении и тем самым уменьшает напряжение, подводимое к батарее. По мере заряда ток уменьшается, следовательно, падение напряжения на *СЗБ* также снижается, а напряжение, подводимое к батарее, увеличивается. Такое перераспределение напряжения улучшает условия заряда аккумуляторной батареи.

При напряжении *ВГ*, превышающем напряжение *БА*, питание обмотки возбуждения *Ш — ШШ*, генератора *ВГ* происходит от якоря генератора *ВГ*.

При выключении автомата 46 «Топливный насос» разрывается цепь питания обмотки возбуждения генератора *ВГ*, при этом электродвигатель вспомогательного топливного насоса служит разрядным сопротивлением для обмотки, обладающей значительной индуктивностью.

При двухсекционном управлении (см. рис. 196 и 200) переключатель режимов *ПКР* ставится в положение, указанное на схеме, и катушка *РУЗ* получит питание от *БА* второй секции тепловоза по цепи: зажим 1/1 — 4 (+ *БА* II секции), провод 314, контакт *ПКР*, провода 350, 897, 989, 826, контакт *КЗ*, провода 828, 891, 52, междетепловозное соединение, провода 51, 930, контакт *ПКР*, провода 947, 906, 901, контакт *КЗ* (который замкнут, так как управление ведется с первой секции), провода 915, 353, выключатель 46 «Топливный насос», провода 354, 355, 358, размыкающий контакт *РУ7*, провод 362, катушка *РУЗ* и далее по проводу 381 на минус батареи.

При включении выключателя 46 «Топливный насос II секции» с поста управления I секции создается цепь питания реле *РУЗ*: плюс *БА* секции (зажим 1/1—4), провод 314, контакт *ПКР*, провода 350, 897, 989, выключатель 46, провода 351, 352, 26, междетепловозное

соединение, провода 25, 240, 201, контакт КЗ, провода 937, 354, 355, 358, размыкающий контакт РУ7, провод 362, катушка РУЗ и далее на минус цепи управления.

Определенное сочетание контактов переключателя режимов ПКР, ключа КЗ и блокировочных контактов реле РУЗ позволяет управлять тепловозом из кабины I или II секции, а также обеспечивает переход из одной секции в другую без остановки дизелей.

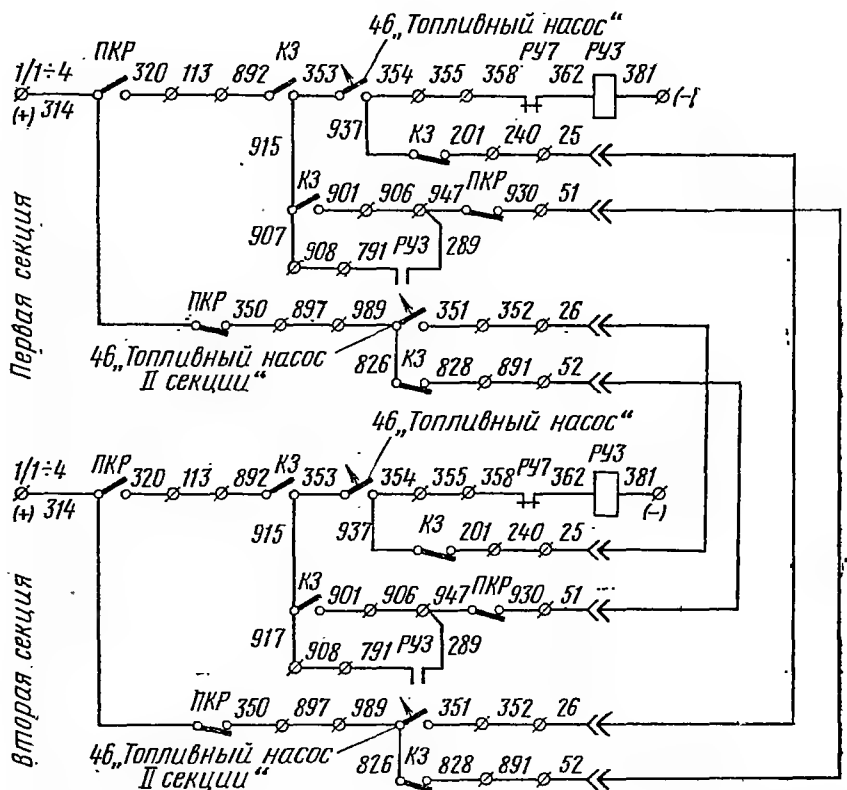


Рис. 200. Схема питания реле РУЗ при работе одной и двумя секциями

При переходе машиниста из кабины I секции в кабину II секции необходимо вытащить ключ КЗ, не включая автомата 46 «Топливный насос».

В этом случае цепь питания катушки реле РУЗ не будет прервана, так как цепь между проводами 915 и 947 будет обеспечена замыкающими контактами реле РУЗ по проводам 917, 908, 791 и 289.

В кабине II секции нужно вначале включить выключатель 46 «Топливный насос II секции», а затем вставить и повернуть ключ КЗ. Цепь питания реле РУЗ I секции следующая: зажим 1/1 ÷ 4, провод 314, контакт ПКР, провода 350, 897, 989, выключатель 46 «Топливный насос II секции», провода 351, 352, 26, межтепловозное

соединение, провода 25, 240, 201, контакт КЗ, провода 937, 354, 355, 358, размыкающий контакт реле РУ7, провод 362, катушка РУ3, провод 381 и далее на минус.

После срабатывания реле РУ3 цепи, аналогичные разобранным выше.

Приведение тепловоза в движение (см. рис. 196). Для приведения тепловоза в движение нужно рукоятку контроллера машиниста установить в положение «Холостой ход», перевести реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений, включить автомат «Управление тепловозом» и переставить рукоятку контроллера в первое положение.

При постановке реверсивной рукоятки в положение «Вперед» второй сверху палец на реверсивном барабане замыкается и подготавливает цепи катушек реверсора ПР и силовых контакторов.

Цепь катушек ПР: зажим 1111÷2 (плюс цепи управления), провод 346, контакт КЗ, провод 332, выключатель 45 «Управление», провод 316, контакты контроллера машиниста КМ, провод 219, выключатель 46 «Управление тепловозом», провод А87, перемычка, шунтирующая контакт К ключа ЭПК автостопа, провод А95, размыкающие контакты РУ12, провод А86, замкнутый контакт реверсивного устройства КМ «Вперед», провода 105, 106, 107, катушка реверсора ПР «Вперед» (В) и далее на минус.

Левые контакты контроллера при замкнутых КЗ и выключателе 45 «Управление» всегда соединены с зажимом 1111÷2. Нижний контакт КМ включает РУ4 по цепи: провода 300, 301, 302, катушка реле РУ4 и далее на минус по проводам 364, 363, 347, 304, 299, 270. Реле РУ4 срабатывает и замыкает свои замыкающие контакты в цепи катушки контактора КВ между проводами 115 и 141, подготавливая его включение.

Реле РУ4 выключается на 12-й позиции, но отключение контактора КВ не произойдет, так как параллельно контакту РУ4 замкнутся контакты реле давления масла РДМ2 между проводами 117 и 120. Замыкание РДМ2 происходит при давлении в верхнем коллекторе масляной системы дизеля 1,1 кг/см².

Питание катушки реле времени РВ3 аналогично катушкам реверсора до провода 107, а далее провода 313, 1050, катушка РВ3. Когда реле РВ3 получит питание, мгновенно замыкаются его контакты (с выдержкой времени при размыкании) в цепи контакторов П1 — П6: плюс ВГ, провода 207, 181, замыкающий контакт РВ3, провод 183, контакты отключателей ОМ1 — ОМ6, катушки П1 — П6, провод 180, минус цепи управления. Замыкающие контакты контакторов П1 — П6 создают цепи катушек контакторов возбуждения КВ и ВВ.

С отключением одного из тяговых двигателей отключателем ОМ выключается соответствующий контактор П, цепь катушки КВ и ВВ сохраняется.

Цепь катушки контактора КВ: провод 108, размыкающие контакты Д2 и Д1, блокировка дверей БД4 — БД1, размыкающий контакт реле заземления РЗ, провод 111, замыкающий контакт РУ8, провод 112, замыкающий контакт реле давления воздуха РД, провод 128, последовательно соединенные замыкающие контакты контакторов

П1 — П6, провода 143, 114, контакт реле РУ4 (а после 11-й позиции контакты РДМ2), провода 115, 116, 131, 121, контакты температурных реле воды и масла ТРВ и ТРМ, провода 123, 133, 124, 145, катушка контактора КВ и далее по проводам 147, 213, 146 на минус.

В электрических схемах тепловозов последних выпусков введен сигнализатор обрыва тормозной магистрали поезда. При обрыве тормозной магистрали воздушнораспределитель локомотива устанавливается на дополнительную разрядку тормозной магистрали. Вследствие этого срабатывает датчик дополнительной разрядки ДДР и создает цепь питания катушки РУ12. Размыкающие контакты РУ12 между проводами А95 и А86 снимают нагрузку с главного генератора, а замыкающие между проводами 1156 и 1158 создают цепь питания сигнальной лампы «Разрядка тормозной магистрали». Одновременно будет происходить наполнение тормозной магистрали, поэтому срабатывает датчик тормозных цилиндров ДТЦ и прервет цепь сигнальной лампы. Машинист должен поставить рукоятку контроллера машиниста на нулевое положение, установить рукоятку крана машиниста в положение перекрыши и по замедлению поезда проверить, сработали ли тормоза состава в результате разрыва тормозной магистрали.

Контактор КВ включается и замыкает силовыми контактами цепь возбуждения главного генератора, также замыкается замыкающий контакт КВ в цепи собственной катушки между проводами 142 и 144, шунтирующий размыкающий контакт РУ8. Такая взаимосвязь блок-контактов позволяет включиться контактору КВ только на первой позиции контроллера.

Катушка контактора возбуждения возбудителя ВВ питается по цепи: до зажима 4/2 (провод 143) цепь аналогична катушке КВ, далее провод 1035, замыкающий контакт РУ9, провод 257, катушка ВВ, провод 213 и далее на минус. При срабатывании контактора ВВ размыкается его размыкающий контакт в цепи питания катушки вентиля ВП6 между проводами 226 и 231, вентиль отключается и левый ряд топливных насосов вступает в работу.

Силовые контакты ВВ через аварийный переключатель АР обеспечивают питание размагничивающей обмотки Н2 — НН2 возбудителя В и обмотки возбуждения синхронного подвозбудителя СПВ.

От СПВ получает питание распределительный трансформатор ТР, а от него — трансформаторы постоянного тока ТПТ, постоянного напряжения ТПН, а также амплистат возбуждения АВ. От амплистата через выпрямительный блок БВ получает питание намагничивающая обмотка Н1 — НН1 возбудителя В. На зажимах возбудителя В появляется напряжение, по обмотке возбуждения главного генератора начинает идти ток и на его зажимах появляется напряжение. Тяговые электродвигатели получают питание и развивают вращающий момент, передающийся через зубчатые редукторы колесным парам, тепловоз трогается. Дальнейшее увеличение мощности достигается постепенным переводом рукоятки контроллера на 2-ю, 3-ю... до 15-й позиции. Каждой позиции контроллера соответствует определенная скорость вращения дизеля, которая задается электрогидравлическим механизмом, воздействующим на регулятор числа оборотов дизеля.

Электромагниты срабатывают в соответствии с разверткой контроллера. Электромагнит *МР1* включается на 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14 и 15-й позициях контроллера. Цепь его катушки: клемма 11/1÷2, провод 346, контакт ключа КЗ, провод 332, выключатель 45 «Управление», провод 316, контакты КМ, провода 280, 281, 282, 217, катушка электромагнита *МР1* и далее на минус по проводам 214 и 254.

Последовательность включения *МР2*, *МР3* и *МР4* легко проследить по схеме, пользуясь таблицей замыканий контакторов и реле.

На второй позиции контроллера получает питание катушка реле *РУ8*: зажим 11/1÷2, провод 346, контакт ключа КЗ, провод 332, выключатель 45 «Управление», провод 316, контакты КМ (третий сверху), провода 267, 268, 269, катушка реле *РУ8* и далее по проводам 304, 299 и 270 на общий минус.

Реле срабатывает, размыкаются его размыкающие контакты в цепи катушек контакторов *КВ* и *ВВ* между проводами 111 и 112, но катушки не обесточиваются, так как цепь сохраняется через контакты *КВ*.

Размыкающие контакты *РУ8* между проводами 343 и 348 в цепи пуска дизеля предназначены для предотвращения пуска на высоких позициях контроллера, например, в случае, если во время прокачки масла будет случайно переведена рукоятка контроллера выше первой позиции.

Замыкающие контакты *РУ8* шунтируют часть сопротивления в цепи задающей ОЗ обмотки *МУ* между проводами 417 и 419.

Эта обмотка получает питание от тахометрического блока *БТ*: плюс *БТ*, провод 1143, размыкающий контакт *РУ5*, провода 1139, 1142, резистор СОЗ, провод 443, обмотка ОЗ, провод 444, шунт 115, провода 496, 740, минус *БТ*. Цепь питания ОЗ от вспомогательного генератора будет разобрана ниже.

На четвертой позиции контроллера получает питание катушка реле *РУ10* по цепи: контакты КМ (вторые снизу), провода 290, 291, 298, катушка *РУ10* и далее по проводу 270 на минус цепи управления. Реле срабатывает и одной парой контактов шунтирует часть резистора «Плавного пуска» в цепи размагничивающей обмотки возбудителя *В* (между проводами 462 и 464). Другая пара замыкающих контактов *РУ10* между проводами 418 и 420 шунтирует также часть сопротивления в цепи задающей обмотки *МУ*. Третья пара замыкающих контактов *РУ10* подключает в работу регулировочную обмотку *ОР* амплитата возбуждения *АВ* (между проводами 412 и 415), предназначенную для корректировки внешней характеристики главного генератора в рабочей зоне. Последовательно с обмоткой *ОР* включен индуктивный датчик *ИД*, внутри катушки которого перемещается сердечник, связанный со штоком сервомотора объединенного регулятора. Вследствие перемещения сердечника происходит изменение индуктивного сопротивления и, следовательно, тока в обмотке *ОР*.

Параллельно обмотке *ОР* подключен резистор *СОР*, обеспечивающий минимальный ток при полностью вдвинутом сердечнике.

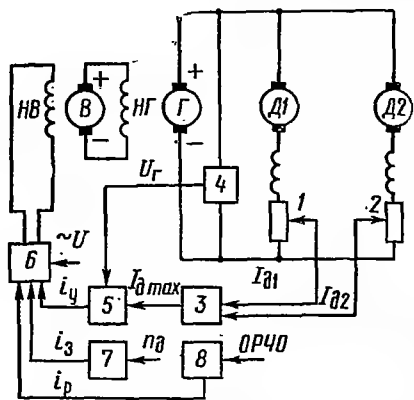
Цепь *ИД*: вывод 01 трансформатора *ТР*, провода 433, 414, катушка *ИД*, провода 407, 1090, 1089, мост *БВ*, провод 1087, резистор *СОР*,

Рассматриваемая схема включает в себя комплексное противобоксовочное устройство с использованием жестких динамических характеристик и систему экономического регулирования мощности.

5, в который поступает также сигнал напряжения 4. Сформированный сигнал обмотку управления амплистата 6; в схемах тепловоза 2ТЭ10Л, поступают на тахометрическое устройство 7 8, связанного с объединенным регулятором (ОРЧО). От магнитного усилителя 6 возбуждения возбуждателя НВ.

Со стороны постоянного тока мосты $B1$ — $B3$ и $B6$ включаются на балластный резистор $CBTT$, который вместе с диодом $B5$ выполняет роль селективного узла $СУ$ по току. Со стороны сигнала по напряжению $СУ$ включает мост $B4$, резистор $CBTH$, диод $B7$ и реле управления $PY15$.

236



нескольких колесных пар, то ток в управляющей обмотке *МУ* уменьшаться не будет, так как ток других *ТПТ* остался прежним, следовательно, генератор будет работать по жесткой динамической характеристике.

Реле боксования включены между обмотками главных и дополнительных полюсов пар тяговых электродвигателей 1-3, 2-5, 4-6. При движении на полном поле в цепь катушек *РБ* включены добавочные резисторы *СРБ1 — СРБ3* (см. также рис. 158). Эти резисторы шунтируются замыкающими контактами реле *РУ16* на *ОП*, для этого катушка *РУ16* включена в цепь замыкающих контактов реле перехода *РП1* (см. рис. 196).

Указанное включение реле боксования обеспечивает обнаружение боксования на *ОП* и более эффективное использование жестких характеристик при полном поле, вследствие чего значительная часть пробоксовок ликвидируется без вмешательства машиниста.

При значительных пробоксовках реле боксования срабатывает, вследствие чего происходит частичное снижение напряжения главного генератора. Замыкающие контакты *РБ* включают цепи катушек реле *РУ17* и *РУ5*, а цепь катушки контактора *ВВ* не разрывают (как это было в схемах ранее выпущенных тепловозов).

Замыкающие контакты *РУ17* разрывают цепь питания катушки группового контактора *ВШ1* и реле *РУ16*. Электродвигатели начинают работать в режиме полного поля, в цепь катушек *РБ* замыкающими контактами *РУ16* вводятся резисторы *СРБ1 — СРБ3*, а размыкающие контакты *РУ16* разрывают цепь между проводами 1185 и 1072.

Для предотвращения перехода на ослабленное поле при работе реле *РБ* катушка *РУ17* включена через размыкающие контакты контактора *ВШ1*.

Замыкающие контакты *РУ5* между проводами 1051 и 1047 замыкают цепь питания катушки реле времени *РВ4*, а между проводами 1049 и 1048 обеспечивают цепь питания катушки звукового сигнала боксования *СБ*. Третья пара замыкающих контактов *РУ5* между проводами 1052 и 1053 создает цепь питания сигнальной лампы «Сброс нагрузки». Таким образом, о работе *РБ* машинисту сигнализирует лампа «Сброс нагрузки» и звуковой сигнал *СБ*.

Размыкающие контакты *РУ5* между проводами 1139 и 1138 включают резистор сброса нагрузки *ССН* в цепи задающей обмотки амплитата *АВ*, что снижает ее ток примерно на 70%.

Схемой также предусмотрено частичное уменьшение тока размагничивающей обмотки возбудителя во время боксования путем введения резистора размыкающими контактами реле *РУ5* между проводами 1136—1135. При срабатывании реле *РВ4* его замыкающие контакты с выдержкой времени на размыкание между проводами 1172 и 1173 шунтируют часть сопротивления *СОУ* в цепи обмотки управления *ОУ*, а между проводами 1176 и 1056 создают цепь питания тягового магнита *МР5* (объединенный регулятор типа 10Д100). Включение *МР5* уменьшает ток в регулировочной обмотке амплитата, т. е. он выполняет роль приставки *С53А* у регуляторов числа оборотов и мощности дизеля 9Д100.

Таким образом, при срабатывании реле боксования наряду с уменьшением напряжения происходит воздействие на объединенный регулятор, с тем чтобы не возрастал ток в регулировочной обмотке МУ при периодической работе РБ, т. е. чтобы регулятор не стремился повысить мощность дизеля, которая падает вследствие уменьшения напряжения при работе РБ.

После отпадения РБ катушка РУ5 обесточивается и резистор ССН выводится из цепи задающей обмотки, а через 1,5 сек отпадают контакты РВ4 и вводится резистор в цепи обмотки ОУ.

Ступенчатое восстановление напряжения генератора и воздействие на объединенный регулятор дизель-генератора способствуют уменьшению возникновения незатухающих колебаний в силовой цепи и предотвращают возобновление боксования.

Реле РУ15 предназначено для создания на низших позициях контроллера (с 1-й по 7-ю) наклонных характеристик главного генератора (узел ограничения тока вступает в работу с 8-й позиции контроллера). Такие характеристики облегчают трогание и разгон поезда, а также уменьшают возможность боксования колесных пар. Для создания наклонных характеристик размыкающими контактами РУ15 шунтируется цепь балластного резистора СБТН.

Проследим эти цепи. С отводов первичной обмотки распределительного трансформатора ТР напряжение подается на вход амплитата АВ и трансформатора тока ТПТ4. Цепь питания ТПТ4: вывод Н1 трансформатора ТР, провода 455, 1080, рабочие обмотки Н2 — К2 и Н1 — К1 трансформатора ТПТ4, провод 1082, выпрямительный мост В6. Если сигнал ТПТ4 является большим, чем сигналы ТПТ1 — ТПТ3, то он пройдет по последовательно соединенным мостам В1 — В3, запрет их сигналы и подойдет в точку В2. Часть тока потечет по проводу 1095, резистору СБТТ, проводу 1096, мосту В6, проводу 1081 к выводу 02 обмотки ТР.

Другая часть тока из точки В2 потечет через вентиль В5, провод 1097, размыкающий контакт РУ15, провод 1098, резистор СБТН, провода 1137, 1096 и далее к выводу 02 — ТР. На клеммах резисторов СБТТ и СБТН будет создаваться падение напряжения, которое подводится к обмотке управления ОУ амплитата АВ.

Цепь тока ОУ следующая: точка В2, вентиль В5, провода 1097, 1099, шунт 115, провод 480, обмотка ОУ, провода 1100, 1137, 1096 и далее на вывод 02 трансформатора ТР.

На разгоночных позициях (с 1-й по 7-ю) размыкающие контакты РУ15 шунтируют диод В7 и тем самым резистор СБТН подключается параллельно СБТТ. Вследствие этого падение напряжения на резисторах уменьшается и сигнал, поступающий от ТПТ в обмотку ОУ, будет незначительный, т. е. ограничение по току осуществляться не будет.

На 8-й позиции контроллера РУ15 включается (разрывает цепь между проводами 1097 и 1098) и генератор работает по обычной характеристике с вертикальной отсечкой по току. Трансформаторы тока ТПТ1 — ТПТ3 получают питание от вторичных обмоток ТР, а работа их аналогична ТПТ4.

Рассмотренные цепи показывают, что схема ограничения тока отличается от схемы, примененной на тепловозах более раннего выпуска, не только установкой четырех трансформаторов тока $ТПТ1 — ТПТ4$, но и их включением в схему. Каждый $ТПТ$ включен на два тяговых электродвигателя, одинаково склонных к боксованию, что даст возможность контролировать ток этих двух электродвигателей, а не ток главного генератора.

Трансформатор постоянного напряжения $ТПН$ получает питание от вторичной обмотки $H5 — K5$ трансформатора $ТР$ и работает только на свой резистор $СБТН$, $ТПН$ ограничивает напряжение главного генератора при больших скоростях движения тепловоза.

На тепловозах применена также система экономического регулирования мощности, обеспечивающая работу дизель-генераторной установки в зоне минимальных удельных расходов топлива на промежуточных позициях контроллера. Это достигается подпиткой задающей обмотки AB током от вспомогательного генератора через резистор R_{Π} . Цепь питания задающей обмотки $OЗ$ амплистата возбуждения AB от генератора $BГ$: $+ BГ$, провод 395, предохранитель 107, провод 373, диод $ДЗБ$, провода 379, 399, 404, контакты контактора $ВВ$, провода 744, 410, 785, резистор R_{Π} , провод 443, обмотка $OЗ$, провод 444, шунт 115, провода 496, 740, тахометрический блок $БТ$, провод 1143, размыкающий контакт $PY5$, провода 1139, 1142, резистор $COЗ$, провод 428, общий минус. Ток подпитки составляет примерно 0,3 а на всех позициях контроллера (для $n_k = 15$ ток от $БТ$ равен около 0,7 а).

За счет тока подпитки повышается уровень селективных характеристик генератора на всех позициях, а для приведения их в соответствие с регуляторной характеристикой дизеля траверса подвески золотника регулятора перенесена с 8-й риски на 2-ю (для объединенного регулятора числа оборотов и мощности типа 9Д100 с приставкой С53А).

Разбивка мощности дизель-генератора по позициям следующая:

Позиция контроллера	1	2	3	4	5	6	7	8
С системой экономического регулирования, <i>квт</i>	90	200	340	620	800	900	1010	1140
Без системы экономического регулирования, <i>квт</i>	90	200	340	470	620	750	870	1020

Продолжение

Позиция контроллера	9	10	11	12	13	14	15
С системой экономического регулирования, <i>квт</i>	1280	1420	1540	1640	1700	1780	1830
Без системы экономического регулирования, <i>квт</i>	1160	1290	1430	1490	1600	1735	1830

С начала 1972 г. на тепловозах 2ТЭ10Л устанавливают регуляторы типа 10Д100, у которых роль приставки выполняет тяговый магнит МР5. По 3-ю позицию контроллера он служит для поддержания заданного числа оборотов вала дизеля, а начиная с 4-й позиции работает только при боксовании колесных пар.

Катушки клапанов песочниц получают питание при нажатии кнопки *КН* по цепи: зажим $1111 \div 2$, провод 346, контакт *КЗ*, провод 332, контакт выключателя 45, провода 316, 303, контакт кнопки *КН*, провода 305, 306, 307 и далее в зависимости от положения реверсора *ПР* либо по проводу 308 на катушку песочницы «Вперед», либо по проводу 309 на катушку песочницы «Назад» и на минус цепи управления.

Цепь возбуждения главного генератора. Обмотка независимого возбуждения главного генератора *Г* получает питание от возбудителя *В* при включении контактора возбуждения генератора *КВ* по цепи: плюс возбудителя (вывод *Я*), провод 923, шунт амперметра 117, провод 483, силовые контакты *КВ*, провод 486, обмотка возбуждения генератора *НН* - *Н*, провод 482, минус *В* (вывод *ЯЯ*).

Параллельно силовым контактам *КВ* подключен резистор *СВГ*, который является разрядным для обмотки возбуждения генератора в момент отключения контактора. Обмотка обладает большой индуктивностью, и при отсутствии разрядного сопротивления могла бы создаваться э. д. с. самоиндукции значительной величины, что могло бы вызвать пробой изоляции.

Цепи реле переходов. Как видно из схемы, токовые катушки реле *РП1* и *РП2* (соединены между собой параллельно) подключены параллельно обмотке дополнительных полюсов главного генератора и шунту 104, а катушки напряжения — параллельно якорию главного генератора. Вследствие разности потенциалов между шунтом 104 и минусом генератора (вывод *ЯЯ*) по токовым катушкам проходит ток. Ток тяговых электродвигателей от клеммы шунта 104, по проводам 499, 515, 530 ответвляется в токовые катушки реле *РП1* и *РП2*, далее по проводам 525, 526, резистору *СРПТ1-2*, проводу 502, подходит к минусу генератора.

В параллельную катушку реле *РП1* ток поступает по цепи: плюс генератора, провода 531, 537, 508, 501, 518, размыкающий контакт контактора *ВШ1*, провод 519, резистор *СРПН1*, провод 523, катушка напряжения реле *РП1*, провода 527, 528, 530, 515, 499, шунт 104, провода 598—603, ДП, минус генератора *Г*.

После срабатывания *РП1* создается цепь питания катушки *РП2* через замыкающий контакт *ВШ1*, который соединяет провода 501 и 510.

После срабатывания *РП1* и *РП2* и контакторов *ВШ1* и *ВШ2* прерывается цепь между проводами 519, 520 и 510, 513 и последовательно с катушками напряжения *РП1* и *РП2* включаются части резисторов *СРПН1* и *СРПН2*.

Это сделано с целью подготовки реле для его отключения при снижении скорости движения тепловоза.

Для предотвращения повторных включений реле перехода (так называемой «звонковой» работы) замыкающие контакты реле *РУ4* шунтируют часть *СРПН1* и *СРПН2* с 1-й по 11-ю позицию контроллера.

В цепи контакторов *ВШ1* и *ВШ2* имеется выключатель *УП*, при помощи которого можно перейти на полное поле, если отключение контакторов *ОП* запаздывает.

Чтобы уменьшить подгорание контактов реле перехода и повысить надежность их работы, параллельно контактам каждого реле подключают конденсаторы.

Цепь вольтметра и амперметра главного генератора. Для измерения напряжения и тока главного генератора в кабине машиниста на пульте управления установлены вольтметр с пределом измерения до 1000 в и амперметр до 6000 а.

Цепь вольтметра: плюс *Г*, провода 536, 507, добавочный резистор 102, провод 506, вольтметр *VI*; провода 505, 503 × 2, минус *Г*.

Амперметр подключен параллельно шунту 104 проводами 503 × 2 и 504 × 2.

Цепи катушек реле боксования. Катушка реле *РБ1* включена между обмотками главных и дополнительных полюсов электродвигателей. Если боксования не происходит, то напряжение в точках подключения катушки (точки присоединения проводов 1101 и 1107) обоих электродвигателей будет одинаково и ток по цепи катушки *РБ1* проходить не будет.

При боксовании одной из колесных пар, например первой, скорость вращения электродвигателя, соединенного с этой осью, быстро возрастает и вызывает увеличение противо-э. д. с. на зажимах этого двигателя. Потенциал точки подключения катушки первого двигателя уменьшается и по катушке *РБ1* потечет ток (провода 1107, 1106, замыкающий контакт контактора *ПЗ*, провода 1105, *СРБ1*, провод 1104, катушка *РБ1*, провод 1102, замыкающий контакт *П1*, провод 1101).

При боксовании третьего двигателя ток потечет по катушке реле *РБ1* в другом направлении.

Реле *РБ1* будет срабатывать как в первом, так и во втором случае. При срабатывании реле *РБ* замыкается цепь питания реле *РУ5* и *РУ17*. Машинисту подается звуковой сигнал и загорается сигнальная лампа «Сброс нагрузки».

Если тепловоз движется с отключенным электродвигателем 1, то защита от боксования третьего двигателя будет осуществляться, так как катушка реле *РБ* подсоединится между обмотками главных и дополнительных полюсов электродвигателей 2 и 3.

Цепь подключения катушки *РБ1*: провода 1112, 1111, размыкающий контакт *П1*, провода 1103, 1102, катушка *РБ1*, провод 1104, резистор *СРБ1*, провод 1105, замыкающий контакт *ПЗ*, провода 1106, 1107. Подобные цепи будут создаваться при работе других пар электродвигателей.

Защита дизеля от понижения давления масла осуществляется с помощью реле давления масла *ФДМ2*. В случае понижения дав-

ления масла в верхнем коллекторе масляной системы дизеля менее $1,1 \text{ кг/см}^2$ при 12—15-й позициях контроллера размыкаются контакты реле РДМ2, цепь катушки контактора КВ между проводами 117 и 120 прерывается.

Замыкающие контакты КВ разрывают цепь (между проводами 142 и 144) катушки контактора ВВ. Оба контактора отключаются, нагрузка с дизель-генератора снимается. При этом замыкается размыкающий контакт ВВ между проводами 313 и 312 в цепи сигнальных ламп. С плюса цепи управления по проводам 313, 312, 208, 202 ток попадает в сигнальную лампу, а далее через зажим 13/15÷19 — на минус цепи управления.

Дизель от перегрева масла и воды защищает комбинированное термореле типа КР-2.

При температуре воды 92°C или масла 85°C контакты реле ТРВ и ТРМ, находящиеся между проводами 121 и 123 в цепи катушки КВ, разрывают цепи и контактор КВ отключается, отключается ВВ и загорается сигнальная лампа (как при срабатывании РДМ2).

В этом случае необходимо охладить воду или масло и нагружать генератор с первой позиции контроллера машиниста.

В случае снижения давления воздуха в тормозной магистрали ниже 3 кг/см^2 (обрыв тормозной магистрали поезда, экстренное торможение) сработает реле давления воздуха РД. При этом произойдет разрыв цепи катушек КВ и ВВ между проводами 112 и 128 и снимется нагрузка с генератора, загорится также сигнальная лампа «Сброс нагрузки».

Пробой изоляции или переброс на корпус в силовой цепи вызывает срабатывание реле заземления РЗ. При этом его размыкающие контакты разрывают цепь катушек контакторов КВ и ВВ между проводами 110 и 142 (111), нагрузка с главного генератора снимается. Загорается сигнальная лампа в цепи: провод 207, замыкающий контакт РЗ, провода 206, 211, 205, сигнальная лампа (провода 197, 199, 198, 196) и далее на общий минус.

Чтобы предупредить о возникновении давления газов в картере дизеля, которое обычно вызывается пробоем газов из цилиндров и может вызвать взрыв паров масла, пожар и выход из строя дизеля, установлен дифференциальный манометр (КДМ).

При появлении давления в картере контакты дифманометра создают цепь катушки реле РУ7: плюс цепи управления, контакты контроллера КМ (третий сверху), провода 267, 217, контакты КДМ, провода 216, 229, 215, 220; катушка РУ7 и далее на общий минус по проводам 347, 304, 299, 270. После включения реле РУ7 замыкаются его контакты между проводами 223 и 215, обеспечивая питание своей катушки. При этом независимо от положения контактов КДМ от плюса цепи управления ток потечет по проводу 224, выключателю 45, проводам 225, 223, замыкающему контакту РУ7, проводу 220 и далее на катушку РУ7. Размыкающий контакт РУ7 между проводами 358 и 362 разрывает цепь катушки РУ3, прерывается цепь питания топливного насоса ТН и тягового магнита ЭТ, дизель останавливается.

Включение аварийной кнопки *АК*, расположенной на столике помощника машиниста, обеспечивает цепь катушки *РУ7*: плюс цепи управления, провод *224*, выключатель *45*, провода *225*, *223*, *993*, *357*, кнопки *АК*, провода *356*, *215*, *220*, катушка *РУ7* и далее на общий минус.

Ранее существовавшее предохранительное устройство от разброса дизеля с воздушными заслонками на входном коллекторе изъято.

Работа схемы при аварийном возбуждении. При повреждении отдельных аппаратов подвозбуждения предусмотрено аварийное возбуждение *В* от *ВГ*. В этом случае переключатель *АР* ставится в аварийное положение (в схеме изображено нормальное положение *АР*) и разрывается цепь питания первичной обмотки распределительного трансформатора *ТР*, т. е. обесточиваются цепи амплистата возбуждения *АВ* и трансформаторов *ТПТ* и *ТПН*.

Изменяется направление тока в размагничивающей обмотке возбудителя, которая становится намагничивающей.

Цепь питания обмотки *Н2—НН2* следующая: плюс *ВГ*, провод *404*, далее контакты *ВВ*, провод *405*, переключатель *АР*, провода *1135*, *1175*, часть резистора *СВВ*, провод *668*, резистор *СВВ*, провод *466*, обмотка *Н2 — НН2*, провода *467*, *481*, *460*, *АР*, провод *434*, минус *ВГ*.

В случае аварийного режима возбуждение главного генератора регулируется вручную. При больших токах возможна перегрузка дизеля. На 15-й позиции перегрузка дизеля начинает наступать при токе главного генератора примерно *4200 а*.

При трогании состава нельзя превышать ток *6000 а*, так как узел ограничения тока отключен.

Работа при отключении тягового электродвигателя. При повреждении одного из тяговых электродвигателей работа тепловоза продолжается на оставшихся пяти двигателях. Поврежденный двигатель отключается при помощи соответствующего отключателя моторов (*ОМ*). При этом происходит уменьшение мощности главного генератора путем увеличения сопротивления *СОЗ* в цепи задающей обмотки амплистата *ОЗ*.

Схема пожарной сигнализации. В кабине машиниста установлена специальная панель для сигнализации локомотивной бригаде о возникновении пожара. На панели размещены два реле *Р1* и *Р2* и четыре сигнальные лампы: *ДП1* — сигнализирующая при возникновении пожара в левой стороне дизельного помещения, *ДП2* — в правой стороне дизельного помещения; *ВВК1* — в левой высоковольтной камере и *ВВК2* — в правой высоковольтной камере (рис. 202).

Если возник пожар или резко возросла температура, то сопротивление датчика, попавшего в эту зону, уменьшается, а ток реле возрастает и оно срабатывает. Предположим, что пожар возник в левой высоковольтной камере, тогда сопротивление датчика *21* уменьшается и создается цепь питания катушки реле *Р1* через автомат «Пожарная сигнализация», провода *П28*, *П11*, катушку реле *Р1*, размыкающий контакт *Р1*, провод *П18*, датчик *21*, провода *П40*, *П42*, *П43*, *П106*, *П94*, *П80*, *П32*, *П77*, *П75*, *П73*, *П71*, *П69*, *П67*, *П65*, *П83*, *П63*, *П25*,

П92, П104, П27, П102, П78, П90, П30, П59, П57, П89, П55, П53, П51, П49, П47, П85, П45, П24, П99, П100, П23 + 24 в батарее.

Реле Р1 срабатывает и замыкающие контакты создадут цепь питания сигнальным лампам ВВК1 в обеих секциях тепловоза и зуммерам. Размыкающий контакт Р1 вводит резистор R1 в цепь питания катушки реле.

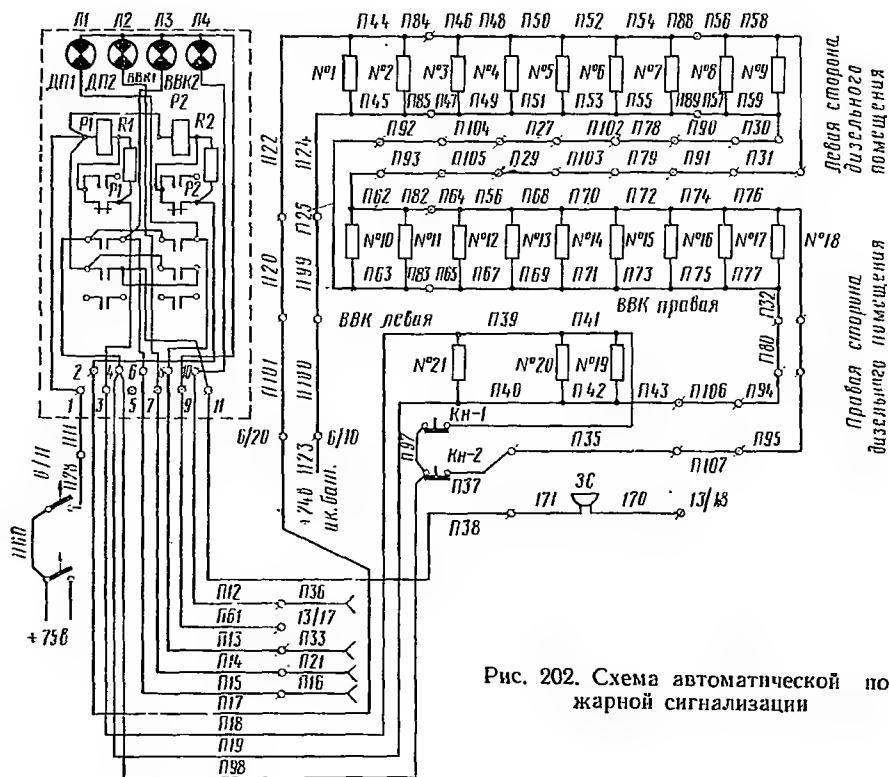


Рис. 202. Схема автоматической пожарной сигнализации

На столике помощника машиниста установлены кнопки КН1 и КН2 для проверки цепей пожарной сигнализации, нажатие кнопки имитирует срабатывание термодатчика.

Управление холодильником (см. рис. 198). На тепловозе имеется автоматическое устройство для раздельного регулирования температуры охлаждающей воды и масла. Для автоматического регулирования температуры необходимо включить выключатель 46 «Жалюзи» и «Автоматическое управление», кроме того, ключ КЗ должен быть включен. В этом случае подводится напряжение от вспомогательного генератора к выключателям ВКМ и ВКВ: плюс ВК (зажим 1/1 ÷ 4), провод 683, выключатель «Жалюзи», провода 776, 610, 611, ключ КЗ, провод 612, выключатель «Автоматическое управление», провода 694, 772, 774, 709, 641, концевые выключатели ВКВ и ВКМ.

После срабатывания реле его размыкающие контакты отключают катушки электропневматических вентилях ВПЗ, ВП4 и ВП5 от тумблеров дистанционного управления холодильником.

Термодатчик температуры воды ТРВ связан с золотником сервомотора привода вентилятора, который в свою очередь соединен с концевым выключателем ВКВ, замыкающим свои контакты при температуре воды 75° С.

После замыкания выключателя ВКВ создается цепь питания вентилях ВПЗ и ВП4 по проводам: 639, 633, 642, далее через диод Д2 получает питание вентиль ВПЗ, а через диод Д3 — вентиль ВП4. Эти вентили управляют соответственно верхними жалюзи и жалюзи охлаждения воды. Для регулирования температуры масла установлен датчик ТРМ, имеющий также концевой выключатель ВКМ. При повышении температуры масла до 75° С замыкаются контакты ВКМ и создают цепь катушкам вентилях ВП4 и ВП5 (жалюзи масла). Скорость вентилятора изменяется автоматически.

Машинист может включить вентилятор на полное число оборотов, включив выключатель «Вентилятор холодильника». При этом катушка вентиля ВП2 получает питание по цепи: ключ КЗ, провод 612, выключатель «Вентилятор холодильника», провода 620, 621, 622, 625, катушка ВП2, провода 780, 671, 681, 782, 779, минус ВГ. Автоматическое регулирование температуры воды и масла происходит отдельно на каждой секции.

Если неисправно автоматическое регулирование температуры воды и масла, то холодильником управляют вручную, создавая цепи питания электропневматическим вентилям соответствующим выключателем. Например, цепь электропневматического вентиля жалюзи воды: клемма 11/6, провод 611, ключ КЗ, провод 612, выключатель «Жалюзи воды и верхние», провода 675, 627, 632, 636, катушка ВПЗ, провода 671, 681, 782, 779, клемма 3/1 ÷ 9.

Регулирование температуры воды и масла в этом случае ведущей и ведомой секций происходит с кабины ведущей секции по проводам 27, 28, 29, 30, 34 межтепловозного соединения.

§ 3. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛОВОЗА ТЭМ2

Тепловоз ТЭМ2 приводится в движение шестью тяговыми электродвигателями, которые имеют постоянное соединение: две параллельные группы по три двигателя последовательно в каждой. Для использования полной мощности дизеля в широком диапазоне скоростей схемой предусмотрены две ступени ослабления поля — 48 и 25%. Переключения с полного поля на ослабленное и обратно происходят автоматически при помощи двух реле переходов РП1 и РП2. Управление тепловозом осуществляется контроллером машиниста, имеющим восемь положений.

Пуск дизеля и работа его без нагрузки (рис. 203, 204, см. вклейки в конце книги). Для пуска дизеля необходимо: включить разъедини-

тель *РБ* аккумуляторной батареи *БА*; включить универсальный блокировочный ключ *КБ*; убедиться, что рукоятка контроллера находится на нулевой позиции; включить тумблер «питание приборов»; включить автоматы: «Топливный насос», «Управление общее», «Масляный насос»; дать предупредительный сигнал о пуске дизеля. Пуск дизеля осуществляется включением тумблера *В27* «Пуск — остановка дизеля», что обеспечивает цепь питания катушки контактора топливного насоса *КТН*: провода *246*, *244*, выключатель *В27*, провода *337*, *359*, *691*, контакты переключателя режимов *ПЧТ*, провода *692*, *581*, катушка *КТН*, общий минус.

Для сохранения цепи питания катушек *РУ12*, *РУ4* и *БМ* на рабочих позициях контроллера машиниста замыкающие контакты *КТН* между проводами *810*, *805* шунтируют контакты *КМ*, замкнутые только на нулевом положении *КМ*.

После срабатывания реле создается цепь питания электродвигателя топливного насоса *ТН*: провод *135*, замыкающие контакты *КТН*, провода *154*, *808*, кнопка *КУ1*, провода *809*, *519*, *527*, электродвигатель *ТН*, провода *562*, *273*, минус *Б*. Цепь питания обмотки возбуждения *ВГ*: провод *135*, замыкающие контакты *КТН*, провод *136*, замыкающие контакты *РУ17*, провод *104*.

Цепь питания катушки реле времени *РВ2*: провод *135*, замыкающие контакты *КТН*, провода *154*, *808*, *328*, тумблер *В28*, провода *287*, *148*, размыкающие контакты *РУ4*, провод *248*, размыкающий контакт контактора *Ш4*, провода *242*, *214*, катушка *РВ2*, минус *БА*. После срабатывания *РВ2* создается цепь питания катушки реле времени *РВ3*: провод *883*, замыкающие контакты *РВ2* (с выдержкой времени на размыкание), провод *884*, размыкающие контакты *РУ2*, провода *885*, *453*, размыкающие контакты контакторов *Д1*, *КМН*, *РУ4*, провод *886*, резистор *СРВ3*, провод *449*, катушка *РВ3*, минус *БА*.

Замыкающие контакты мгновенного действия реле *РВ3* замыкают цепь питания катушки контактора *КМН*: провод *304*, размыкающий контакт *Д1*, провод *417*, замыкающий контакт *РВ3*, провод *296*, катушка *КМН*, минус *БА*.

Размыкающие контакты *КМН* между проводами *451* и *882* вводят добавочное сопротивление в цепь катушки *РВ3* во избежание ее перегрева.

Силовые контакты контактора *КМН* обеспечивают питание электродвигателя маслопрокачивающего насоса *МН* по цепи: плюс *БА*, провода *120*, *121*, контакты выключателя *АВ2*, провода *456*, *457*, силовые контакты *КМН*, провода *458*, *459*, *565*, электродвигатель *МН*, минус *БА*. Насос *МН* производит предварительную прокачку масла в течение *30 сек*, после чего замыкающие контакты *РВ3* с выдержкой времени на замыкание между проводами *443* и *603* создадут цепь питания катушки реле *РУ5*.

Замыкающие контакты *РУ5* создают цепь: провод *885*, замыкающие контакты *РУ5*, провода *149*, размыкающие контакты *Д2*, провод *161*, резистор *СРВ5*, провод *165*, катушка реле времени *РВ5*, минус *БА*.

Замыкающие контакты *РУ5* между проводами 454 и 425 обеспечат питание катушек пусковых контакторов *Д1* и *Д2*. Силовые контакты пусковых контакторов включаются, главный генератор получает питание от *БА*, работая в режиме электродвигателя и вращая коленчатый вал дизеля.

Катушка блокировочного магнита дизеля *БМ* (соленоида) получает питание, когда замкнется замыкающий блокировочный контакт контактора *Д1* по цепи: провода 583, 577, замыкающий контакт контактора *Д1*, провода 133, 145, 128, катушка *БМ*, провода 272, 269, минус *БА*.

Замыкающие контакты *РВ5* с выдержкой времени на замыкание между проводами 582 и 469 создадут цепь питания *РУ4*, которое срабатывает и его замыкающие контакты между проводами 583 и 580 обеспечивают питание катушки (самоподпитка) независимо от состояния контакторов *РВ5*. Размыкающие контакты *РУ4* между проводами 148 и 248 прерывают цепь питания катушки *РВ2*. Размыкающие контакты *РВ2* между проводами 883 и 884 с выдержкой времени на размыкание 5 сек отключают реле *РУ5*, *РВ3* и *РВ5*. После этого замыкающие контакты *РУ5* между проводами 454 и 425 прерывают цепь катушек контакторов *Д1* и *Д2*. Задержка отключения *Д1* и *Д2* на 5 сек после включения *РДМ* повышает устойчивость пуска. Размыкающие блок-контакты контактора *КТН* включены в цепь катушек пусковых контакторов *Д1*, *Д2* для предотвращения включения этих контакторов при работающем на холостом ходу дизеле от случайного нажатия кнопки *КП* «Проворот вала дизеля».

Когда дизель начнет работать и в масляном трубопроводе создается давление масла 1,6—1,7 кг/см², цепь катушки *БМ* будет замкнута через контакты реле *РУ4* и масляного давления *РДМ*. При этом контакторы *Д1* и *Д2* размыкаются и генератор отключается от аккумуляторной батареи.

Если давление масла при работе дизеля по какой-либо причине упадет до 1,5 кг/см², контакты реле *РДМ* разомкнутся; катушка соленоида *БМ* обесточится и дизель остановится. Нормально дизель останавливают выключением автомата «Топливный насос».

В цепи топливного насоса (*ТН*) имеется автомат «Аварийное питание дизеля», который обеспечивает работу дизеля при выходе из строя вспомогательного топливного насоса. Для этого цепь *ТН* прерывается и трубопроводы пересоединяются таким образом, что забор топлива осуществляется основными топливными насосами дизеля.

Если в течение 30 сек после включения пусковых контакторов дизель не запускается, то кнопку «Пуск дизеля» следует отпустить, выяснить причину и устранить ее, а затем повторить пуск.

Проворот коленчатого вала дизеля после его остановки обеспечивается питанием пусковых контакторов *Д1* и *Д2* без подачи топлива в цилиндры.

Для этого предусмотрена кнопка *КП* «Проворот вала дизеля», нажатие которой на позиции контроллера «холостой ход» создает цепь: провод 246, кнопка *КП*, провода 247, 250, размыкающие контакты *КТН*, провод 252, размыкающий контакт *КВ*, провод 251, катушки контакторов *Д1* и *Д2*.

Подзаряд БА на кремниевых диодах. Начиная с тепловоза № 0720 устанавливают две панели типа ПВК-6011 с кремниевым выпрямителем типа ВК2-200, которые заменяют *РОТ* и *Б* и повышают надежность данного узла. Для предотвращения питания *Г* током *ВГ* при пуске дизеля, что вызывало бы перегорание предохранителя на 80 а, в схему введено *РУ17*, отключающее возбуждение *ВГ* до конца пуска. Катушка *РУ17* получает питание через размыкающие блокировочные контакты контактора *Д2*, т. е. только после окончания пуска дизеля и отключения пусковых контакторов *Д1* и *Д2* включается *РУ17*.

При напряжении генератора *ВГ* выше напряжения *БА* ток от плюсового зажима *Я* по проводу *114*, предохранителю, проводу *109*, диоду *ДЗБ* поступает на подзаряд батареи, а по проводу 2×119 — для питания цепей управления.

Когда напряжение *ВГ* становится меньше напряжения *БА*, диоды *ДЗБ* не пропускают ток в обратном направлении. После окончания пуска замыкающие контакты *РУ17* между проводами *139* и *104* создают цепь питания обмотки возбуждения вспомогательного генератора *Ш-ШШ* через регулируемые сопротивления регулятора *ТРН*.

Увеличение скорости вращения вала дизеля осуществляется затяжкой пружины регулятора числа оборотов, которая определяется различными комбинациями электромагнитных вентилях *ВТ1*, *ВТ2*, *ВТ3* и *ВТ4*. Последовательность включения вентилях на различных положениях рукоятки контроллера приведена в таблице замыкания контакторов и реле (см. рис. 203).

Для увеличения скорости вращения вала дизеля необходимо перевести реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад», убедиться в том, что переключатель «Управление машинами» включен, и передвинуть рукоятку контроллера машиниста из положения «Холостой ход» в третье рабочее положение. Пятый снизу палец контроллера соединит провода *163* и *229* и ток пойдет по проводу *231* в катушку вентиля *ВТ1* электропневматического механизма регулятора дизеля, чем установится заданное число оборотов.

Цепи возбуждения возбудителя и главного генератора. Обмотка возбуждения возбудителя имеет двойное питание: независимое — от *ВГ* и самовозбуждение — от якоря возбудителя. Цепь независимого возбуждения возбудителя: плюс *ВГ*, провод *114*, предохранитель, провод *109*, диоды *ДЗБ*, провода *107*, *75*, контакты контактора *ВВ*, провод *76*, резистор плавного трогания тепловоза с места на панели *СВВ*, затем цепь разветвляется на две параллельные ветви. Первая ветвь: провода *79*, *134*, резистор реле перегрузки *РТ*, задний неподвижный и подвижной контакты *РТ*, катушка напряжения *РТ*, провод *424*, замыкающий контакт контактора *П2*, провод *85*, замыкающий контакт контактора *П1*. Вторая ветвь: резистор панели возбудителя *СВВ*, провод *86*. Далее токи обеих ветвей суммируются и по проводам *664*, *90* поступают в обмотку возбуждения возбудителя и затем возвращаются на минус *ВГ*.

Изменением величины сопротивления в цепи независимого возбуждения возбудителя обеспечиваются три ступени плавного трогания тепловоза при минимальной скорости вращения вала дизеля (300 об/мин).

Эти ступени плавного пуска панели *СВВ* закорачиваются замыкающими контактами *РУ16* (провода 77, 78) и реле управления *РУ2* (провода 79 и 83). Ток самовозбуждения возбудителя течет от плюсового зажима *Я*, по проводу 99, резистору самовозбуждения панели *СВВ*, обмотку возбуждения, на минус возбудителя *ЯЯ*.

Противокомпаундная (дифференциальная) обмотка возбудителя 0—00 включена в силовую цепь тяговых электродвигателей.

Обмотка независимого возбуждения главного генератора *Н—НН* получает питание от возбудителя через контактор *КВ* (сопротивление *СВГ* является разрядным для обмотки возбуждения).

Приведение тепловоза в движение осуществляется переводом рукоятки контроллера машиниста в положение «Холостой ход», установкой реверсивной рукоятки в одно из рабочих положений, включением тумблера «Управление машинами» и перестановкой рукоятки контроллера на первую позицию.

Переводом реверсивной рукоятки в положение «Вперед» соединяются провода 150 и 171 и обеспечивают питание катушки вентилей «Вперед» реверсора *Р*. Постановкой реверсивной рукоятки в положение «Назад» соединяются провода 150 и 164.

Барабан реверсора после включения вентилей поворачивается в положение, соответствующее установке реверсивной рукоятки, или остается на месте, если до этого тепловоз двигался в том же направлении. При повороте реверсора в положение «Вперед» его силовые контакты пересоединяют обмотки возбуждения тяговых электродвигателей так, что якоря их будут вращаться в требуемом направлении, а блокировочные контакты соединят провода 141 и 173.

После перевода главной рукоятки контроллера машиниста на первую позицию катушка контактора *ВВ* получает питание по цепи: провода 171, 173, размыкающий контакт реверсивного барабана, провод 141, перемычка 162, тумблер *В2* «Управление машинами», провод 164, два верхних пальца контроллера, провода 177, 191, блокировочный контакт двери высоковольтной камеры *БК*, провод 176, далее ток разветвляется по двум цепям: первая — размыкающий контакт *РУ2*, провод 178, размыкающие контакты реле *РБ1* и *РБ2*, провод 179, катушка контактора *ВВ*, провода 188, 185, размыкающий контакт заземления *РЗ*, провод 180, минус *ВГ*; вторая — провод 168, катушка реле *РВ4*, минус *ВГ*.

Сработав, реле времени *РВ4* своим контактом соединит провода 193 и 197 и тем самым создаст цепь питания катушкам силовых контакторов *П1* и *П2*: плюсовая клемма 4/3, провод 197, замыкающий контакт *РВ4*, провод 193, контакты универсального переключателя *ОМ* (положение *1 + 11*) 1 и 5, провода 196, 194, катушки контакторов *П1*, *П2*. После включения силовых контакторов получает питание контактор возбуждения генератора *КВ* от контакта реле *РУ2* по цепи: провода 189, 563, замыкающие контакты контакторов *П1* и *П2*, провод 183, размыкающие контакты контакторов *Д1* и *Д2*, провод 186, размыкающие контакты *РУ14*, провод 904, размыкающий контакт термореле *ТР1*, провода 612, 187, катушка контактора *КВ*, провод 185, размыкающий контакт реле *РЗ*, минус *ВГ*.

С целью уменьшения подгара силовых контактов контакторов *П1* и *П2* срабатывание их происходит при обесточенной цепи. При замыкании контакторов *П1* и *П2* это обеспечивается замыкающими блокировочными контактами контакторов *П1* и *П2*.

С этой же целью в цепи катушки *КВ* при размыкании используется реле *РВ4*, контакты которого размыкаются примерно через 1 сек после обесточивания его катушки. Следовательно, напряжение с главного генератора снимается (контакты *ВВ* и *КВ* отключаются) и только после затухания переходного процесса тяговые электродвигатели отключаются (выключаются контакторы *П1* и *П2*).

Размыкающие контакты контакторов *Д1* и *Д2* в цепи катушки *КВ* необходимы, чтобы исключить подведение напряжения главного генератора к аккумуляторной батарее (например, при приварившихся силовых контактах пусковых контакторов) и низковольтным цепям.

При замыкании силовых контактов контактора *КВ* возбудитель начнет питать обмотку независимого возбуждения главного генератора *Н—НН*. Главный генератор получит возбуждение и начнет вырабатывать ток.

Защита тяговых машин от больших бросков тока осуществляется параллельным включением размыкающего контакта реле *РУ2* и замыкающего контакта контактора *КВ*. Это обеспечивает возможность получения питания катушки *КВ* только на первой позиции контроллера.

Работа реле переходов описана в гл. IV.

Регулирование температуры воды и масла дизеля производится автоматически при помощи термореле типа ТПД-4П. При достижении температуры воды в системе дизеля $78 \pm 2^\circ \text{C}$ замыкается контакт термореле *ТР1* в цепи катушки *РУ6*. После срабатывания реле *РУ6* своими замыкающими контактами создает цепь питания катушек электропневматических вентилей боковых жалюзи воды *ВП1* и верхних жалюзи *ВП3*. При повышении температуры воды до $85 \pm 1^\circ \text{C}$ замыкаются контакты реле *ТР1* в цепи катушки *РУ7*; после срабатывания *РУ7* замыкает цепь (контакты между проводами 487 и 488) вентиля муфты вентилятора *ВП4* и создает своими замыкающими контактами цепь катушки *РУ7* независимо от контактов *ТР*.

Если температура воды понизится до $78 \pm 2^\circ \text{C}$, контакты термореле *ТР1* в цепи катушки *РУ6* размыкаются и отключают вентили муфты вентилятора *ВП4* и жалюзи *ВП1*. Вентилятор выключается, жалюзи закрываются. Регулирование температуры масла осуществляется аналогично при помощи термореле *ТР2*, реле *РУ8* и *РУ9*.

При повышении температуры масла до $70 \pm 2^\circ \text{C}$ замыкаются контакторы *ТР2* и создают цепь питания катушки реле *РУ8*, включается вентиль *ВП2* и жалюзи открываются. Одновременно включается вентиль открытия верхних жалюзи *ВП3*.

Когда температура достигает $77 \pm 1^\circ \text{C}$, замыкаются другие контакты термореле и срабатывает реле *РУ9*, включается вентиль *ВП4*, начинает работать вентилятор. При снижении температуры до $70 \pm 2^\circ \text{C}$ контакты реле *ТР2* в цепи катушки *РУ8* размыкаются, выключается вентилятор и закрываются жалюзи масляных секций.

Включение и отключение жалюзи охлаждающей воды наддувочного воздуха осуществляются термореле *ТРЗ*, которое перестраивается на зимний и летний режим. Летний режим при температуре наружного воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$, зимний — ниже $+5^{\circ}\text{C}$. При температуре воды наддувочного воздуха $+20^{\circ}\text{C}$ для летнего режима или $+3^{\circ}\text{C}$ для зимнего, контакты термореле *ТРЗ* замыкаются. Срабатывает реле *РУ11* и своими замыкающими контактами создает цепь питания катушек вентиля *ВП5*. Последний открывает жалюзи. При увеличении температуры воды до $+15^{\circ}\text{C}$ для летнего режима или $+25^{\circ}\text{C}$ для зимнего, контакты *ТРЗ* размыкаются и жалюзи закрываются.

Если схема автоматического регулирования температуры воды и масла дизеля неисправна, то работой холодильника управляют дистанционно, из кабины машиниста тумблерами *В6-В10*. Отключение схемы осуществляется выключателем «Автоматическое управление холодильником».

Защита дизеля от перегрева охлаждающей воды и контроль перегрева масла дизеля. Если температура охлаждающей воды дизеля достигнет максимально допустимого значения $88 \pm 2^{\circ}\text{C}$, размыкается размыкающий контакт реле *ТП1* в цепи катушки контактора *КВ* и снимает нагрузку с дизеля.

При достижении температуры масла дизеля $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ замыкается замыкающий контакт реле *ТП2* (между проводами *510*, *702* и *569*) и загорается сигнальная лампа «Перегрев масла».

Защита генератора от чрезмерно больших токов. В схеме тепловоза *ТЭМ2* токовое реле *РТ* ограничивает ток главного генератора. Начало срабатывания реле при токе в токовой катушке $860-870\text{ а}$, при токе $900-910\text{ а}$ размыкающие контакты разомкнуты, а при токе $940-950\text{ а}$ подвижной контакт замыкается с передним неподвижным, в результате чего резко снижается напряжение генератора.

Цепь реле боксования. При срабатывании реле боксования его подвижной контакт отходит от заднего неподвижного и замыкается с передним неподвижным контактом. Предположим, сработало реле *РБ1*. Тогда разрывается цепь катушки контактора *ВВ* возбуждения возбуждителя (между проводами *178* и *146*) и одновременно провод *178* соединяется с проводом *147* и создается цепь питания звукового сигнала (зуммера) *СБ*.

Уменьшением силы тока генератора и, следовательно, силы тяги электродвигателей, сцепление колес с рельсами восстанавливается. Реле боксования отключается, контактор *ВВ* замыкает цепь питания возбуждения возбуждителя, а цепь звукового сигнала разрывается. Если условия сцепления колес с рельсами таковы, что боксование возобновляется, то реле *РБ* снова работает. Чтобы предотвратить повторное боксование колес, необходимо перевести рукоятку контроллера на более низкую позицию, т. е. уменьшить мощность дизеля и подать под колеса тепловоза песок.

Цепь реле заземления. Катушка реле заземления включена в следующую цепь: зажим шунта *ША2*, провод *67*, отключатель *ВРЗ*, провод *68*, резистор *СРЗ*, провод *69*, катушка реле заземления *РЗ*, провод *70*, соединенный с корпусом тепловоза. Таким образом, минус главной

го генератора искусственно заземлен. Если в силовой цепи произойдет замыкание на корпус, то по катушке *PЗ* пойдет ток. После того как величина тока достигнет 10 а , включится реле заземления и его контакты между проводами *185* и *180* разорвут цепь катушек контакторов *ВВ* и *КВ*; отключившись, они снимут возбуждение с генератора. Замыкающий контакт реле *PЗ* между проводами *198* и *199* создаст цепь питания лампе «Сброс нагрузки».

Включение прожекторов заднего и переднего осуществляется одной кнопкой «Прожектор тусклый» или одной кнопкой «Прожектор яркий» с автоматическим переключением ламп реле *РУ10* в зависимости от направления движения тепловоза. При установке реверсивной рукоятки в положение «назад» получает питание катушка *РУ10* по проводам *164* и *219*. Замыкающие контакты между проводами *341* и *342* подготавливают цепь лампы заднего прожектора, а размыкающие контакты проводами *338* и *610* разрывают цепь лампы переднего прожектора.

При установке реверсивной рукоятки «вперед» *РУ10* отключается и его контакты переключают цепи ламп.

Работа по системе двух единиц предусмотрена в схемах тепловозов с № 0763. Розетки межтепловозного соединения установлены со стороны аккумуляторного помещения.

При работе по системе двух единиц на ведомом тепловозе рукоятка контроллера устанавливается в положение «Холостой ход», а реверсивная — нулевое и снимается.

Электропневматические вентили управления реверсором, регулятором числа оборотов дизеля, цепи включения нагрузки главного генератора, реле *РУ2* и *РУ16* второго тепловоза получают питание от контактов контроллера машиниста ведущего тепловоза по проводам *592*, *593*, *599*, *657*, *658*, *659*, *594*, *598*, *683*.

Плюсовые цепи вентилях песочниц КЛП обоих тепловозов соединены между собой через межтепловозное соединение проводом *584* и приводятся в действие из любого тепловоза.

При переводе рукоятки пакетного переключателя числа тепловозов ПЧТ в положение II (работа двумя тепловозами) его контакты между проводами *691* и *692* размыкаются и вводят через межтепловозное соединение контакты тумблера *В32* «Стоп дизель II тепловоза» в цепь катушки контактора *КТН* второго тепловоза между проводами *359* и *581*. Это позволяет с пульта управления первого тепловоза производить остановку дизеля второго тепловоза выключением тумблера *В32*. Вторая пара контактов между проводами *342* и *695*, *696* переключает лампы прожекторов, что позволяет включать один из крайних прожекторов.

Третья пара контактов ПЧТ между проводами *595* и *596* включена в цепь нагрузки с тем, чтобы исключить возможность нагрузки второго тепловоза при непереуверженном переключателе в положение II.

В схеме этих тепловозов имеется кнопка «Вызов помощника машиниста»; нажатие которой замыкает цепь питания катушки зуммера СБ второго тепловоза. Также установлены сигнальные лампы, контролирующие работу дизеля второго тепловоза и сброс нагрузки: «Дизель II тепловоза» и «Сброс нагрузки II тепловоза».

Цепи второго тепловоза, управляемые с первого, получают питание от вспомогательного генератора первого тепловоза, для этого минусовые клеммы цепей управления второго и первого тепловозов соединены через межтепловозное соединение проводом 2×597 .

Управление пуском дизеля, автосцепкой, холодильником, включение измерительных приборов, сигнальных и осветительных ламп производится раздельно на каждом тепловозе.

Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛСН). Некоторые тепловозы оборудуются АЛСН, повышающей безопасность движения поездов на участках, оборудованных автоблокировкой. Локомотивный светофор, установленный в кабине машиниста, повторяет показания путевых сигналов автоблокировки, кроме того, на АЛСН предусмотрено устройство, предотвращающее проезд закрытых светофоров при потере машинистом бдительности или возможности управлять поездом.

АЛСН включает в себя приемные катушки *ПК*, усилитель и дешифратор (размещение в ящике *ОЯ*), локомотивный светофор *ЛС*, электропневматический клапан автостопа *ЭПК* и рукоятку бдительности *РБС*. Питание устройств АЛСН осуществляется от части аккумуляторной батареи напряжением 50 в через пакетный выключатель *В29*. При изменении направления движения передние и задние катушки *ПК* автоматически переключаются с помощью реле *РУ13* и блокировочных контактов реверсора *Р*.

Схема АЛСН работает следующим образом: в рельсовую цепь навстречу поезду пропускается ток, импульсы которого содержат код сигналов путевого светофора. **З е л е н ы й** огонь имеет код, состоящий из серии по три импульса с короткими интервалами между ними и длинными интервалами между сериями импульсов; **ж е л т ы й** огонь — два импульса с короткими интервалами между ними и длинным между сериями импульсов. **К р а с н ы й** огонь кодируется одиночными импульсами, разделенными длинными интервалами.

Рельсовые цепи участков пути при тепловозной и электровозной тяге на постоянном токе питаются кодовым током частотой 50 *гц*, а при электротяге — на переменном токе 25 или 75 *гц*. Для обеспечения работы АЛСН на любой из указанных частот схема предусматривает подключение двухполосового фильтра пакетным выключателем *В30* — «Переключение частоты».

Ток рельсовой цепи создает магнитное поле, наводящее в приемных катушках *ПК* импульсы э. д. с., которые усиливаются усилителем и передаются в дешифратор. Последний расшифровывает сигнал, включает соответствующий огонь на *ЛС* и управляет работой *ЭПК*. *ЭПК* вступает в работу в зависимости от показания *ЛС*, подавая предварительно свисток 7—8 *сек*, а затем производит принудительное экстренное торможение. С тем чтобы клапан автостопа не сработал, машинист периодически через 15—20 *сек* должен нажимать рукоятку *РБС* при следующих огнях *ЛС*:

- красном огне и скорости менее 20 *км/ч*;
- желтом огне с красным и скорости менее 50 *км/ч*;
- желтом огне и скорости больше 80 *км/ч*;
- белом огне после желтого или зеленого и скорости свыше 10 *км/ч*.

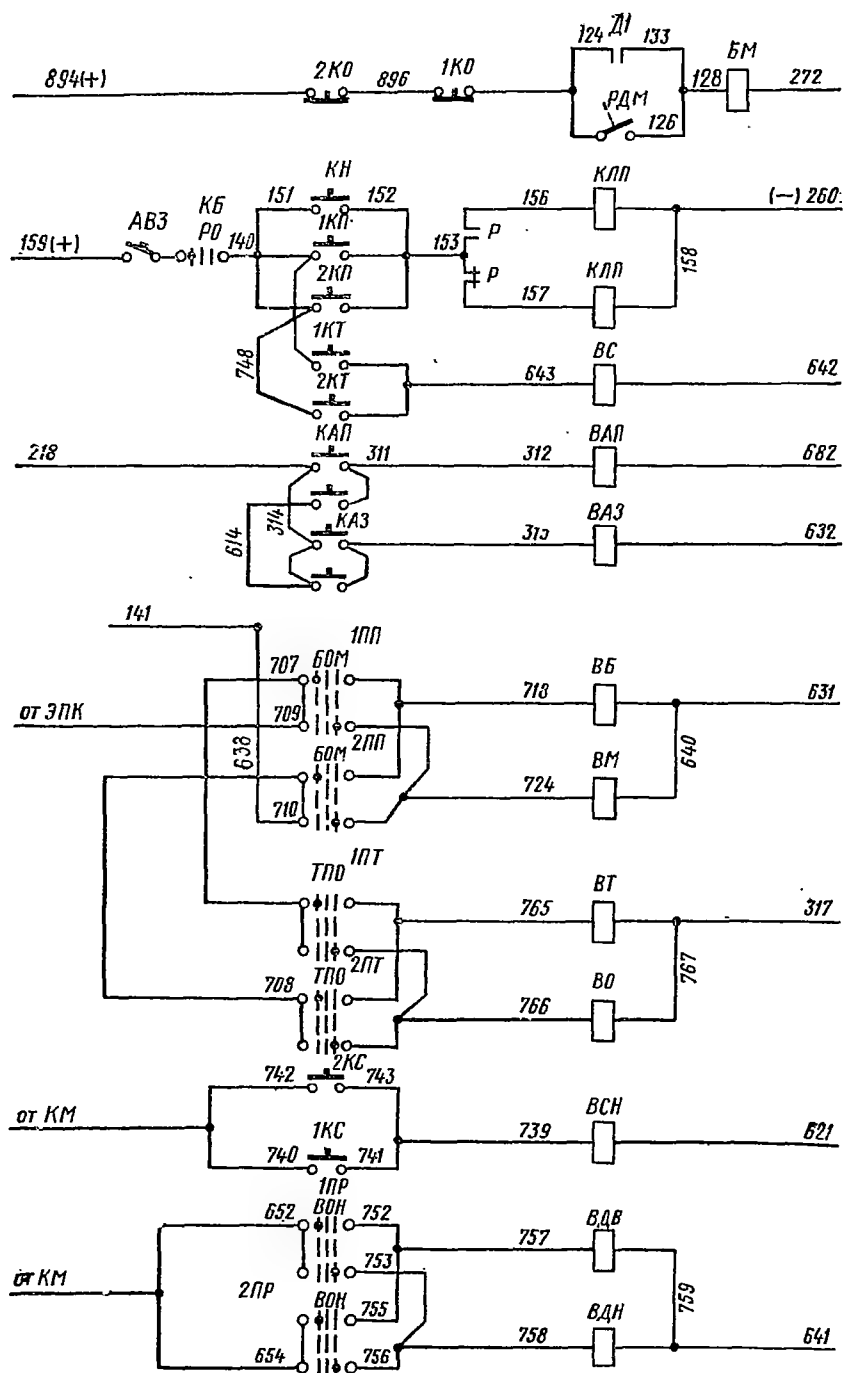


Рис. 205. Электрические цепи устройства для управления тепловозом одним машинистом

При следовании по участкам, не оборудованным путевыми устройствами локомотивной сигнализации, на *ЛС* должен загораться белый огонь. Если загорается красный, то необходимо одновременно нажать кнопку *ВК* (включение белого огня) и рукоятку *РБС*. В этом случае должен загореться белый огонь. Машинист включает пакетный выключатель *ДЗ* «Включение бдительности без АЛСН» и нажимает рукоятку *РБС* через 60—90 сек. *РБС* также нажимается при смене огней, кроме смены на зеленый.

Клапан автостопа *ЭПК* срабатывает и вызывает экстренное торможение поезда (которое нельзя прекратить) нажатием рукоятки бдительности, если проследован закрытый светофор с красным огнем на *ЛС* со скоростью больше 20 км/ч или превышена скорость при желтом с красным огне *ЛС*.

Срабатывание клапана *ЭПК* приводит к снятию нагрузки с дизеля, так как концевые контакты *ЭПК* замыкают цепь питания катушки реле *РУ14*, размыкающие контакты которого прерывают цепь питания катушки контактора возбуждения генератора *КВ*.

Во время работы АЛСН регистрируется на ленте скоростемера *СЛ* включенное положение автостопа, нажатие рукоятки бдительности и следование по участкам с желтым, желтым с красным и красным огнями на светофоре.

В настоящее время тепловозы ТЭМ1 и ТЭМ2 оборудуются устройствами для управления одним машинистом. В этом случае контроллер машиниста и тормозная схема имеют дистанционные приводы. Управление осуществляется с двух переносных пультов с переключателями и кнопками, которые позволяют машинисту занимать любое удобное для него место. Контроллер машиниста оборудован дистанционным пневмомеханическим приводом. Дистанционное управление обеспечивает поворот главного барабана в обе стороны на любую позицию и позволяет на каждой позиции перейти с дистанционного управления на ручное и наоборот. На рис. 205 приведены электрические цепи, относящиеся к устройству управления одним машинистом.

Мощность дизеля изменяется переключателями *1ПП* и *2ПП*. Нажатие переключателя в положение «больше» вызывает срабатывание вентилей *ВВ* и поворот главного барабана контроллера на одну позицию. Для перехода на следующее положение переключатель необходимо поставить в положение «отключено» и нажать его снова.

Для изменения направления движения тепловоза используются переключатели *1ПР* и *2ПР*, которые создают цепь питания катушкам вентилей *ВДВ* и *ВДН*, тем самым поворачивают реверсивный вал в положение «Вперед» или «Назад».

Переключатели *1ПТ* и *2ПТ* управляют тормозами. При установке переключателя в положение «тормоз» включается вентиль *ВТ* и осуществляется торможение; при переводе переключателя в положение «отпуск» включается вентиль *ВО* и происходит отпуск тормозов, в нулевом положении — перекрыша.

Отключение дизеля, сброс нагрузки, управление автосцепкой, подача песка и сигнала производится кнопками.

Кнопки *1КО* и *2КО* «Стоп» включены в цепь катушки блокировочного магнита *БМ*.

Для подачи песка используются кнопки *1КП* и *2КП* «Песок» и вентили *КЛП*.

При помощи кнопок *КАП* и *КАЗ* управляют автосцепкой.

Кнопки *1КТ* и *2КТ* «Сигнал» для подачи сигнала, а кнопки *1КС* и *2КС* «Сброс» — для мгновенного сброса нагрузки.

Схема электрических соединений тепловоза ТЭМ1 по принципу действия аналогична схеме тепловоза ТЭМ2, однако она имеет ряд существенных отличий.

1. Шесть тяговых электродвигателей могут соединиться последовательно, последовательно-параллельно, образуя две параллельные группы по три последовательно соединенных двигателя в каждой и последовательно-параллельно с ослаблением поля.

2. Для обеспечения работы тепловоза на последовательном соединении электродвигателей имеется кнопка «Управление переходами», при включении которой переход на последовательно-параллельное соединение не произойдет.

3. Начиная с тепловоза ТЭМ1-407, из схемы исключено реле ограничения тока *РТ*, которое предназначалось для защиты генератора от чрезмерных токов при последовательно-параллельном соединении электродвигателей.



ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЗОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

Большая часть электрических машин и аппаратов на этих локомотивах такая же, как и на тепловозах с электрической передачей. Ниже будут рассмотрены только особенности электрического оборудования тепловозов с гидравлической передачей.

§ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Двухмашинный агрегат. На тепловозах типа ТГМЗ (ТГМЗА и ТГМЗБ) в качестве источника электрической энергии используется двухмашинный агрегат тепловоза ТЭЗ.

Вспомогательный генератор ВГТ-275/150 служит для питания цепей управления, освещения, заряда аккумуляторной батареи и питания обмотки независимого возбуждения генератора ВТ-275/120 (возбудителя). От этого генератора получает питание электродвигатель вентилятора холодильника. Генератор ВТ-275/120 работает как машина с независимым возбуждением.

Техническая характеристика генераторов

Генератор электродвигателя вентилятора

Тип	ВТ-275/120А, постоянного тока, самовентилирую- щийся
Рабочая мощность при $n_{\text{диз}}=1400$ об/мин	13,8 квт
Рабочее напряжение	115 в
Рабочий ток	120 а
Скорость вращения якоря при $n_{\text{диз}}=1400$ об/мин	1 800
Обмотка якоря	волновая, с изо- ляцией класса В
Изоляция обмотки полюсов	класса А

Вспомогательный генератор

Тип	ВГТ-275/150 постоянного тока, самовентилирую- щийся
Номинальная мощность при $n_{\text{диз}}=1800$ об/мин	8 квт
Номинальная мощность	76 в
Длительный ток	106 а
Обмотка якоря	волновая, с изо- ляцией класса В
Изоляция обмотки полюсов	класса А

Данные обмоток генераторов приведены в табл. 22.

Таблица 22

Наименование обмотки	Число витков	Сопротивление при 15° С, ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм
Вспомогательный генератор				
Параллельная	450*	8,67	ПБД	Ø 1,95
Дополнительных полюсов .	17*	0,0195	Медь голая	4,4×6,9
Якорная	132,6	0,036	То же	1,16×5,1
Генератор электродвигателя вентилятора				
Независимого возбуждения	330	5,88	ПБД	Ø 1,5
Дополнительных полюсов .	17	0,0195	Медь голая	4,4×6,9
Якорная	132/6	0,033	То же	1,6×5,1

* На полюс

Якоря генераторов имеют общий вал, а станины соединены между собой болтами (рис. 206). Двухмашинный агрегат приводится в движение через клиноременную передачу от шкива, установленного на повышающем редукторе гидротрансформатора.

Основными частями двухмашинного агрегата являются: станина и якоря генератора и вспомогательного генератора, главные и дополнительные полюсы, подшипниковые щиты и щеткодержатели.

К станинам возбудителя 6 и вспомогательного генератора 10, имеющим цилиндрическую форму, приварены четыре опорные лапы.

Торцовые части агрегата сверху закрыты щитками 13 и 4, снимаемыми при осмотре коллекторов. Вал 16 опирается на два шариковых подшипника, внутренние кольца которых напрессованы на вал, а наружные закреплены между корпусами и крышками.

Вентилятор 9, расположенный в средней части двухмашинного агрегата и прикрепленный болтами к фланцу корпуса якоря вспомогательного генератора, двойной, поэтому потоки воздуха, охлаждающего возбудитель и вспомогательный генератор, независимы. Охлаждающий воздух всасывается через открытые нижние части подшипниковых щитов, а выбрасывается через выпускные вентиляционные отверстия, находящиеся в середине станины. Вентиляция двухмашинного агрегата параллельная.

Генераторы имеют шесть главных и пять дополнительных полюсов. Сердечники главных полюсов собраны из штампованных листов стали, скрепленных заклепками. Для главных полюсов применена сталь марки Ст2. Катушки главных полюсов изолированы от корпуса тремя слоями микаленты и одним слоем тафтяной ленты. Готовые катушки компандируют.

Изоляция катушек дополнительных полюсов состоит из двух слоев микаленты и одного слоя тафтяной. Катушки для генераторов взаимозаменяемы.

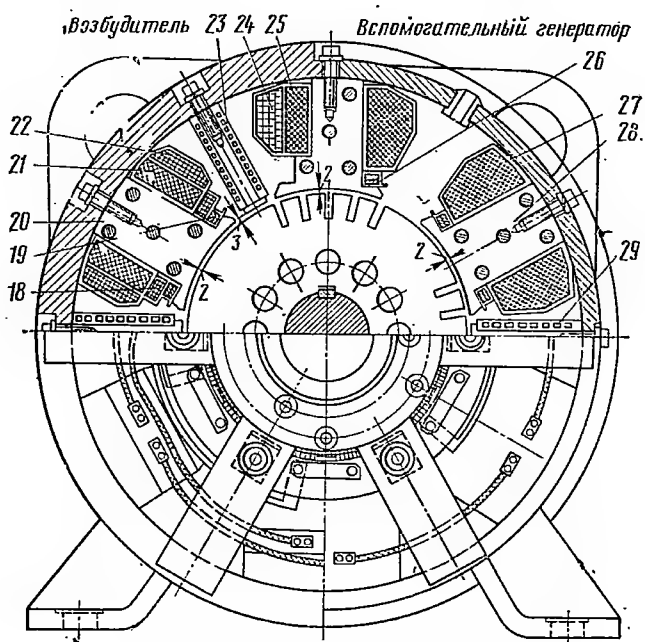
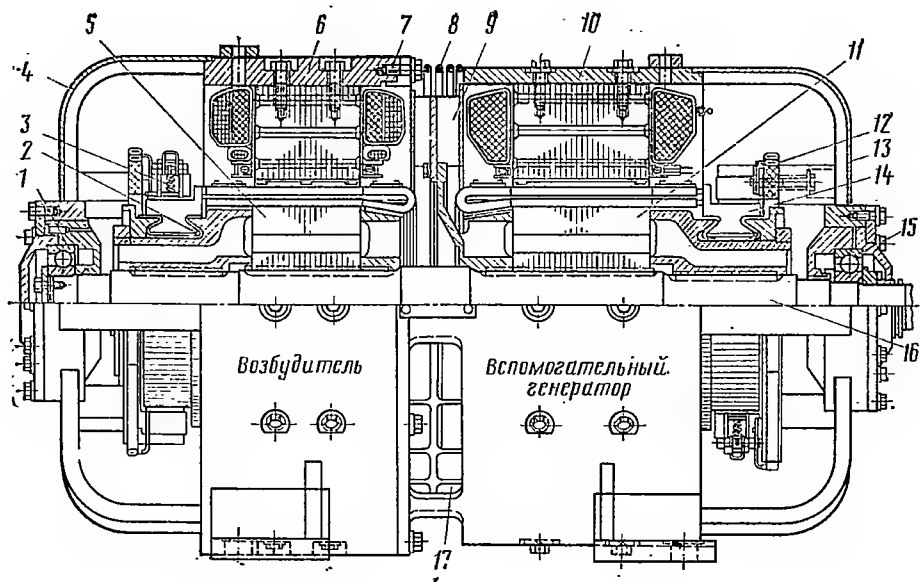


Рис. 206. Двухмашинный агрегат:

1, 15 — подшипники; 2, 14 — коллекторы; 3, 12 — щеткодержатели; 4, 13 — щетки; 5 — якорь возбудителя; 6 — станина возбудителя; 7 — болты, скрепляющие станины возбудителя и вспомогательного генератора; 8 — сетка; 9 — вентилятор; 10 — станина вспомогательного генератора; 11 — якорь вспомогательного генератора; 16 — вал якоря; 17 — вентиляционные отверстия; 18 — обмотка ограничения пускового тока; 19, 26 — последовательные обмотки; 20 — главный полюс возбудителя; 21 — обмотка независимого возбуждения; 22 — регулировочная обмотка; 23 — дополнительный полюс возбудителя; 24 — дифференциальная обмотка; 25, 27 — параллельные обмотки; 28 — главный полюс вспомогательного генератора; 29 — дополнительный полюс вспомогательного генератора

Под катушками главных и дополнительных полюсов расположены пружинящие рамки. Воздушный зазор под главными и дополнительными полюсами 2 мм.

Сердечники якорей обеих машин набраны из листов электротехнической стали ЭВП, удерживаемых на валу с одной стороны обмоткодержателями, а с другой — корпусами коллекторов. Сердечники имеют по 44 паза и осевые вентиляционные каналы. Обмотки якоря волновые с шагом по пазам 1—8, по коллектору 1—44 и двумя мертвыми секциями. Обмотка якоря удерживается в пазах и лобовых частях бандажами из стальной проволоки.

Коллекторы возбuditеля и вспомогательного генератора одинаковые. Каждый собран из 130 штампованных пластин.

Щеткодержатели, в каждом из которых помещена одна щетка марки ЭГ-14 размером 15,5×44×40 мм, прикреплены к траверсам, выполненным в виде колец из гетинакса. На каждой траверсе установлены шесть щеткодержателей, корпуса которых отлиты из латуни. Нажатие на щетку осуществляется через откидной курок спиральной пружины; величина нажатия должна составлять 1,1—2 кг.

Электродвигатель вентилятора холодильника. Электродвигатель типа П-72 приводит во вращение вентиляторное колесо холодильника тепловоза. Двигатель является машиной постоянного тока с номинальным напряжением 115 в и током 120 а. Рабочая скорость вращения вала двигателя 1 230 об/мин. Электродвигатель самовентилирующийся.

Пусковой электродвигатель (стартер). Пуск дизеля тепловозов типа ТГМЗА осуществляется при помощи двух стартеров типа СТ-712 или ЭС-1.

СТ-712 — электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением, мощность его 11 квт при 1100 об/мин и напряжении 24 в, рассчитан для кратковременной работы.

Электростартер ЭС-1 прямого действия (рис. 207), ввод шестерни в зацепление с венцом маховика дизеля производится тяговым электромагнитом, а после окончания пуска дизеля шестерня из зацепления выводится автоматически (механическим способом). При питании напряжением 60—64 в стартер имеет следующие параметры: мощность на валу — 30 л. с., наибольший момент при пуске — 16 кгм, номинальная скорость вращения вала — 2500 об/мин, максимальный ток стартера при номинальной скорости вращения и напряжении питания 43 в — 850 а. Электростартер включает в себя: электродвигатель постоянного тока смешанного возбуждения, механизм зацепления и тяговый электромагнит типа ТЭС-2.

Пуск дизеля происходит следующим образом: при подводе питания к электростартеру от аккумуляторной батареи по катушке электромагнита 4 проходит ток. В результате этого якорь электромагнита 3 вместе со штоком 1, втулкой 10, гайкой 13, хвостовиком с шестерней 15 также перемещается вправо до тех пор (25 мм), пока шестерня хвостовика не войдет в зацепление с венцом маховика дизеля. Хвостовик 15, помимо поступательного движения, получает вращательное движение (противоположное валу дизеля), которое создается шлицевым эвольвентным соединением гайки 13 и хвостовика 15.

После осуществления зацепления замыкаются контакты блокировочного устройства 5 тягового электромагнита, вследствие чего происходит шунтирование обмотки электромагнита и непосредственное подключение электростартера к аккумуляторной батарее. Стартер раскручивает вал дизеля.

Как только дизель запустится, линейная скорость венца маховика стремится стать больше линейной скорости шестерни хвостовика стартера и вал дизеля превратится из ведомого в ведущий, при этом гайка 13 с помощью пружины 2 начнет двигаться влево и увлекать за собой

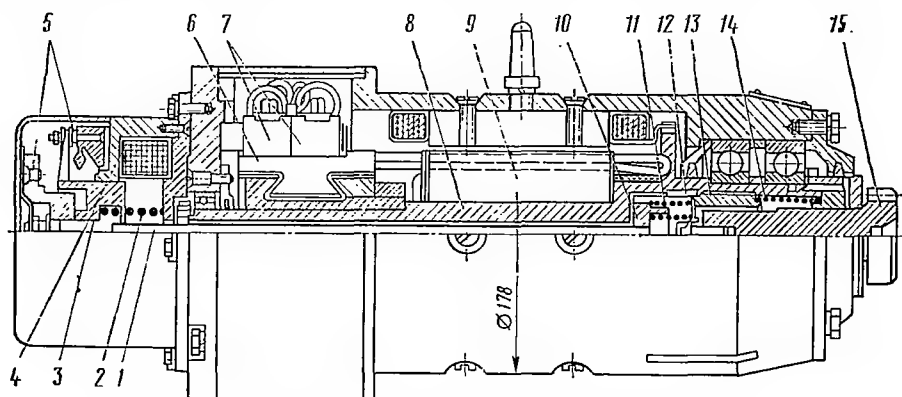


Рис. 207. Пусковой электродвигатель (стартер) типа ЭС-1:

1 — шток; 2 — возвратная пружина якоря тягового электромагнита; 3 — якорь тягового электромагнита; 4 — катушка тягового электромагнита; 5 — контакты блокировочного устройства; 6 — коллектор; 7 — щетки; 8 — вал; 9 — якорь электростартера; 10 — втулка; 11, 12 — пружины буферные; 13 — гайка механизма зацепления; 14 — возвратная пружина механизма зацепления; 15 — хвостовик с шестерней

хвостовик. Электростартер автоматически выйдет из зацепления и будет работать вхолостую до отключения его от батареи.

Тахогенераторы системы автоматики гидропередачи и блока сигнализации о боксовании колес. На тепловозах типа ТГМЗ и ТГ16 устанавливаются датчики скорости тепловоза типа Д2-3 или ДТЭ-2, представляющие собой трехфазные генераторы переменного тока, у которых ротором 4 является постоянный магнит (рис. 208). Датчики рассчитаны для работы с двумя измерителями

Статор имеет четыре полюса. В пазах статора уложена двуслойная обмотка с шагом по пазам 1—2, представленная в каждой фазе четырьмя катушками. Фазы соединены звездой.

К клеммам тахогенератора (напряжение его пропорционально скорости тепловоза) подключены приборы автоматического управления гидропередачи и блока сигнализации боксования. Электродвигатели вспомогательного оборудования (топливоподкачивающего и маслоподкачивающего насоса, калорифера и др.) имеют конструкцию, аналогичную электродвигателям тепловозов с электрической передачей. Обмотка выполнена из медного провода ПЭВ-2 диаметром 0,27 мм. Сердечник 3 статора выполнен из трансформаторного железа толщиной 0,5 мм и имеет 6 пазов. Пластины железа изолированы клеем БФ-4.

Передача вращения на ротор датчика осуществляется при помощи хвостовика 14, представляющего собой длинный тонкий вал, вставленный во втулку 5 и скрепленный с ней при помощи квадрата хвостовика и пружинящего кольца 8. Такая конструкция вала обладает значительной гибкостью, компенсирует наибольшие перекосы, могущие получиться при монтаже.

Ротор 4 вращается в двух подшипниках 1 и 9 типа П60089; между втулкой ротора и хвостовиком расположен кольцевой сальник 12, предотвращающий попадание масла во внутрь датчика.

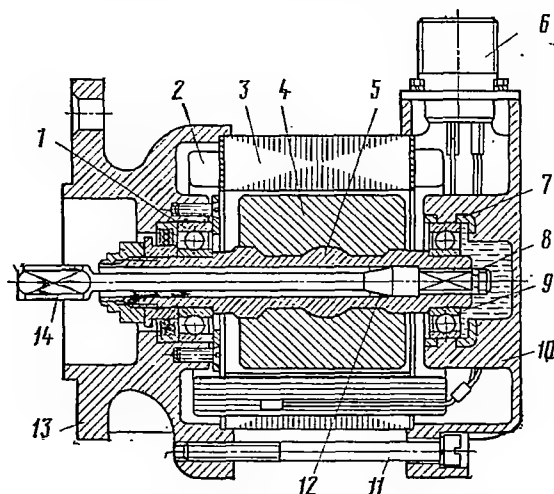


Рис. 208. Датчик скорости вращения типа Д2-3:

1, 9 — шарикоподшипники; 2 — обмотка статора; 3 — сердечник статора; 4 — ротор; 5 — втулка; 6 — тепсельный разъем четырехштырьковый; 7 — обойма; 8 — кольцо; 10, 13 — крышки; 11 — винт; 12 — сальник; 14 — хвостовик

Аккумуляторная батарея служит для питания стартеров во время пуска дизеля, цепей управления, освещения и радиостанции при неработающем вспомогательном генераторе, а также для питания обмотки его возбуждения до перехода на самовозбуждение.

На тепловозах ТГМЗ применена свинцовая, кислотная батарея типа 6СТЭН-140М. Она состоит из десяти секций, емкость батареи при 10-часовом разряде 252 а·ч, номинальное общее напряжение 60 в. В каждую секцию входят шесть аккумуляторов, помещенных в эбонитовый ящик с откидными ручками. Все шесть аккумуляторов соединены последовательно.

На ТГ16 установлена аккумуляторная батарея типа 32ТН-450, которая может устанавливаться и на всех тепловозах серии ТГМЗ.

§ 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

На тепловозах с гидропередачей электрические аппараты в основном такие же, как и на тепловозах с электрической передачей. Так, например, на рассматриваемых сериях тепловозов применяется регулятор напряжения ТРН, реле обратного тока ПР-26А-1, электромагнитные контакторы КГМ-121 и КГМ-131 и т. д.

Описание устройства этих аппаратов дано в гл. III.

Контроллер машиниста тепловозов ТГМЗ отличается от серийного контроллера тепловозов с электрической передачей пневматическим приводом регулятора дизеля, дополнительной пневматической блокировкой режима и реверса, а также связью с системой автоматики гидропередачи.

Управление приводом регулятора числа оборотов дизеля М753 дистанционное, пневматическое. В кабине машиниста установлен воздушный редуктор, связанный зубчатой парой с валом контроллера машиниста. При повороте рукоятки контроллера увеличивается затяжка пружины редуктора, изменяющего давление воздуха в приводе регулятора от 0 до $3,5 \text{ кг/см}^2$. Действие воздушного редуктора аналогично действию тормозного крана машиниста № 254.

Вал режима и реверса тепловоза оборудован блокирующим устройством, не позволяющим переключать реверс и режим во время движения тепловоза.

Система блокировки состоит из блокировочного клапана, фиксаторов (на передаче), цилиндра блокировки и фиксирующего диска. На рис. 209 приведена конструкция блокировочного клапана.

Клапан включается в пневматическую систему тепловоза таким образом, что полость *A* в крышке 17 сообщается с коллектором воздушной автоматики при включении электропневматического вентиля блокировки режима и реверса.

Полость *B* постоянно сообщена с атмосферой, а полость *B* — с фиксаторами блокировки реверса и режима на универсальной гидропередаче.

Если сжатого воздуха в полости *A* нет, то полости *B* и *B* сообщаются между собой через канал во втулке 7 и атмосферный канал в золотнике 6; зазор между наконечником 1 и роликом тахогенератора 1—1,5 мм. Ролик смонтирован на валике привода тахогенератора, следовательно, связан с движущимися колесами тепловоза.

При включении электропневматического вентиля блокировки реверса и режима воздух подводится в полость *A* и перемещает втулку 7 с золотником 6 и клапаном 12 вниз. При этом пружинами клапан 12 прижат к своему седлу, а золотник 6 — к упору во втулке 7.

Совместное движение происходит до соприкосновения ролика с фиксирующим диском (зазор равен нулю), расположенного на валу гидропередачи.

Дальнейшая работа клапана зависит от того, вращается или не вращается ролик на приводе тахогенератора.

Если ролик не вращается (тепловоз остановлен), то, как только наконечник 1 соприкоснется с роликом, золотник 6 останавливается, втулка и прижатый к ней клапан продолжают двигаться вниз, сжимая пружины 10, 4 до тех пор, пока втулка 7 не упрется в бурт корпуса клапана 3, при этом хвостовик золотника прижимается к клапану, разобшив тем самым полость *B* с атмосферой. Затем откроется клапан 12.

Воздух вновь пройдет в полость *B* и подойдет к фиксаторам режима и реверса и, переместив их, замкнет электрические контакты. При этом

получит питание катушка электропневматического вентиля фиксации рукоятки, который пропустит воздух из коллектора к цилиндру блокировки реверса, разблокирует диск, и переключение реверса станет возможным.

Если ролик вращается (тепловоз движется), то наконечник 1 силой трения о ролик отклоняется. При этом золотник под действием пружины 10 опустится ниже и относительного перемещения золотника и втулки не произойдет, вследствие чего клапан 12 останется в закрытом положении и воздух не поступит к цилиндру блокировки реверса.

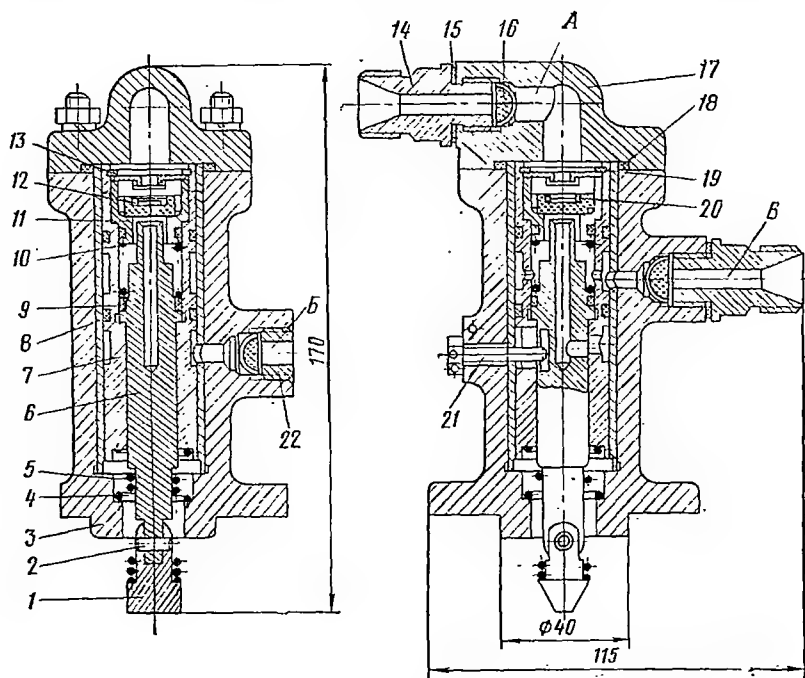


Рис. 209. Клапан блокировочный:

1 — наконечник; 2 — штифт; 3 — корпус; 4, 5, 10, 6 — золотники; 7 — втулка; 8, 9, 13, 18 — кольца; 11 — седло; 12 — клапан; 14 — штицер; 15 — прокладка; 16 — сетка; 17, 19 — крышки; 20 — пружины; 21 — болт; 22 — пробка

В этом случае полость B будет сообщена с атмосферой. Таким образом, при вращающемся ролике клапан не позволяет сжатому воздуху проходить к фиксаторам режима и реверса на передаче; тем самым не создается цепь питания вентиля фиксации рукоятки; следовательно, воздух не поступит к цилиндру блокировки реверса и фиксирующий диск останется заблокированным. Переключение невозможно.

При прекращении подачи воздуха в полость A и сообщении ее с атмосферой (через электропневматический вентиль) все элементы клапана возвращаются в первоначальное положение и воздух выходит из фиксаторов передачи, разрывается цепь питания вентиля фиксации

рукоятки и режима и воздух из цилиндра блокировки через клапан выходит в атмосферу.

Шток цилиндра блокировки фиксирует диск на определенном режиме-реверсном положении.

Связь контроллера машиниста с системой автоматики гидротрансмиссии осуществляется корректирующим реостатом.

§ 3. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ *

Электрические схемы наиболее распространенных тепловозов ТГМЗА и ТГМЗБ в основном одинаковы, отличаются они только узлом переключения режима и реверса, так как гидротрансмиссия тепловоза ТГМЗБ не имеет гидромукты. На тепловозах ТГМЗА при переключении осуществляется воздушный поворот, а на ТГМЗБ для этой цели имеется специальный узел гидравлического доворота. Узел доворота включал в себя кнопку доворота гидротрансмиссии и два реле времени, а в последнее время применен полупроводниковый блок управления системой гидродоворота. Кроме того, на тепловозе ТГМЗБ блок контроля за конструктивной скоростью несколько упрощен.

Цепи управления пуском дизелей. Пуск дизелей тепловозов типа ТГМЗ электрический.

Рассмотрим последовательность включения аппаратов при пуске дизеля М753 двумя стартерами СТ-712 (рис. 210, а).

Для пуска дизеля должны быть включены: рубильник цепи пуска РЗ, рубильник аккумуляторной батареи РБ, кнопка электродвигателя топливного насоса ЭНТ. Контроллер машиниста должен находиться на нулевой позиции, т. е. нижний палец его КМ замкнут.

При нажатии кнопки «Пуск» создается цепь питания маслопрокачивающего насоса через размыкающие блокировочные контакты контактора заряда батареи КБА.

После предварительной прокачки при достижении давления масла в главной магистрали дизеля $1,2 \text{ кг/см}^2$ срабатывает датчик давления масла ДДМ и создает цепь питания контактора дизеля КД (типа КГМ-121).

При срабатывании контактора КД включаются его силовой контакт и два блокировочных замыкающих контакта. Первый блокировочный контакт создает цепь самоподпитки катушки КД, второй — цепь питания сигнальной лампы «Пуск» и катушки пускового контактора КПП (типа КПП-114В).

Включение силового замыкающего контакта КД подготавливает цепь питания реле приводов стартеров.

Включением замыкающего контакта КПП создается цепь питания последовательных и параллельных катушек реле привода стартеров. Якорь реле втягивается и через рычажную передачу вводит шестерню стартера в зацепление с зубчатым венцом шестерни коленчатого вала дизеля. Когда шестерни полностью войдут в зацепление, замыкаются

* По материалам Калужского машиностроительного завода.

контакты реле привода стартеров $Pnp1$ и $Pnp2$, создающие цепь питания катушки контактора $KП2$.

Силовой контакт $KП2$ включается, стартеры принимают полную нагрузку и разворачивают вал дизеля.

При этом контактами $KП2$ шунтируются последовательные катушки реле приводов и стартеры удерживаются в зацеплении только усилием параллельных катушек

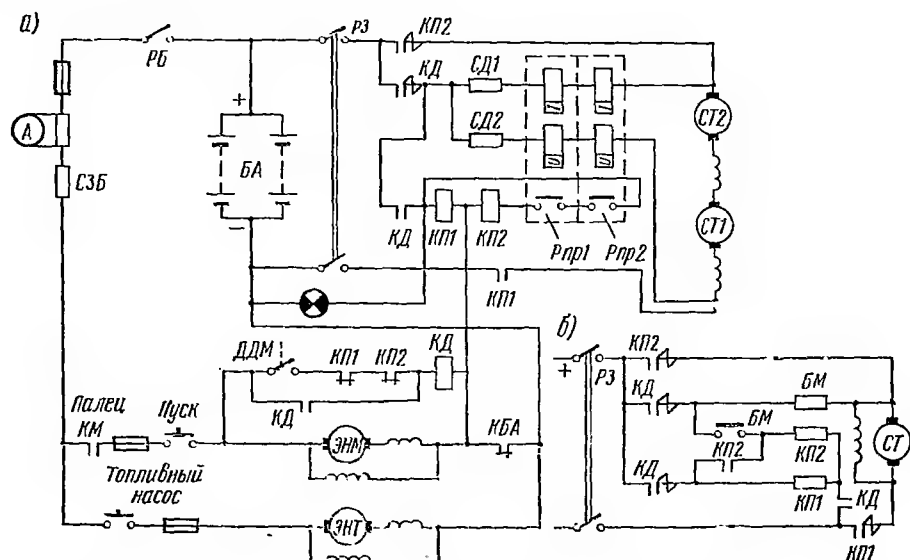


Рис. 210. Принципиальная схема пуска дизеля М753 тепловозов типа ТГМЗ двумя стартерами СТ-712 (а) и одним ЭС1 (б):

БА — батарея аккумуляторная; СТ1, СТ2 — стартеры; $Pnp1$, $Pnp2$ — реле привода стартеров; ЭНМ — электродвигатель масляного насоса; ЭНТ — электродвигатель топливного насоса; КП1, КП2 — контакторы пусковые; КД — контакторы в цепи пуска дизеля; ДДМ — датчик давления масла; РЗ — рубильник в цепи пуска дизеля; РБ — рубильник батарей; СЗБ — сопротивление заряда батарей; СТ — стартер; БМ — блокировочный магнит

Отключение стартеров происходит автоматически после окончания пуска дизеля. Контакты $KБА$ разрывают минусовую цепь катушек $KД$, $KП1$ и $KП2$ после включения реле обратного тока и контактора заряда батарей $KБА$.

При использовании для пуска дизеля стартера ЭС-1 (рис. 210, б) цепи будут следующие: после срабатывания контактора $KД$ замыкаются его силовые контакты в цепи блокировочного магнита $БМ$ и катушки контактора $KП1$. При этом создается цепь питания: рубильник $РЗ$, силовой контакт $KД$, катушка $KП1$, замыкающий блокировочный контакт $KД$, рубильник $РЗ$. Контакт $KП1$ срабатывает и создает цепь питания катушки $БМ$: рубильник $РЗ$, силовой контакт $KД$, катушка $БМ$, якорь и параллельная обмотка стартера $СТ$, контакт $KП1$, рубильник $РЗ$.

При этом ток проходит через катушку блок-магнита $БМ$ и стартер $СТ$, вследствие чего стартер проворачивается и одновременно вводится

в зацепление с валом дизеля под действием усилия катушки блок-магнита. При полном входе в зацепление замыкается контакт *БМ* и создается цепь питания катушки контактора *КП2*: рубильник *РЗ*, контакт *КД*, контакт *БМ*, катушка *КП2*, замыкающий контакт *КД*, рубильник *РЗ*.

Контактор *КП2* срабатывает и замыкает свой силовой контакт, стартер получает питание непосредственно от батареи, создает большой вращающий момент и разворачивает дизель. Замыкающий контакт *КП2* обеспечивает питание своей катушки независимо от положения контакта *БМ*. По катушке *БМ* проходит небольшой ток и стартер удерживается в зацеплении только за счет нагрузки. Когда дизель развернется и разгрузит стартер, он выходит из зацеплений.

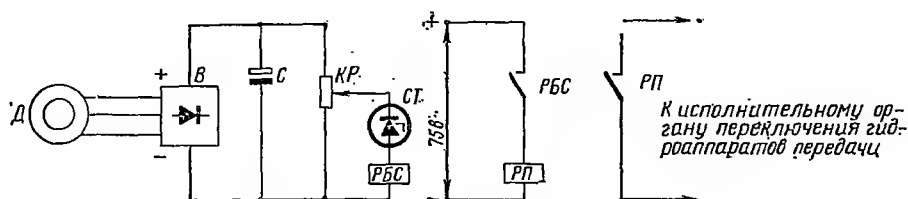


Рис. 211. Принципиальная схема электроавтоматики

Электрическая схема автоматического переключателя гидроаппаратов. Чтобы получить оптимальные тягово-экономические характеристики локомотивов с гидравлическими передачами, необходимо переключение ступеней скорости гидропередач осуществлять в строго определенных точках тяговых характеристик.

Электроавтоматика переключения гидравлических передач тепловозов типа ТГМЗ и ТГ16 является двухимпульсной; переключение происходит в зависимости от двух параметров: скорости вращения турбинного колеса гидротрансформатора, пропорциональной скорости движения тепловоза; скорости вращения насосного колеса гидротрансформатора, пропорциональной скорости вращения коленчатого вала дизеля и задаваемой положением рукоятки контроллера машиниста.

Принципиальная схема электроавтоматики показана на рис. 211. Датчик *Д* (типа ДТЭ-2 или ДТ-33) создает на выходе напряжение, пропорциональное скорости движения тепловоза. Это напряжение выпрямляется выпрямительным блоком *В*, сглаживается фильтром, состоящим из конденсатора *С*, и подается на корректирующий реостат *КР*. Реостат *КР* кинематически связан с контроллером машиниста и представляет собой потенциометр, который рассчитан таким образом, что напряжение датчика скорости, снимаемое с его подвижного контакта на измерительное реле *РБС*, корректируется пропорционально скорости вращения вала дизеля.

Последовательно с катушкой реле *РБС* включен кремниевый стабилитрон *СТ*, обеспечивающий срабатывание и отключение реле в заданных расчетных точках.

При работе тепловоза ТГМЗА или ТГМЗБ по системе двух единиц (рис. 212) переключение гидроаппаратов производится системой электроавтоматики ведущей секции тепловоза. Гидроаппараты ведомой секции тепловоза переключаются через межтепловозные соединения, а система электроавтоматики ведомой секции тепловоза отключается.

Переключатели на ведомой секции тепловоза устанавливают в следующем положении:

переключатель работы секций *ПкРС* — в положение «Работа двумя секциями»;

переключатель управления *ПКУ* — в положение «Отключено».

На ведущей секции тепловоза переключатель *ПКУ* поставить в положение «Включено», а *ПкРС* — в положение «Работа двумя секциями».

Для приведения тепловоза в движение необходимо включить кнопку «Управление гидропередачей» и перевести штурвал контроллера машиниста в первое рабочее положение.

При этом создается цепь питания электрогидравлического вентиля *ВС1* ведущей секции тепловоза и через межтепловозное соединение по проводу 3 вентиля *ВС1* ведомой секции.

Включившись, вентили *ВС1* дают команду золотниковой коробке на заполнение первого гидротрансформатора — гидропередача тепловоза работает в режиме первого гидротрансформатора.

По мере увеличения скорости движения тепловоза путем перевода рукоятки контроллера на высшие позиции происходит автоматическое переключение гидроаппаратов передачи тепловоза.

При определенной скорости тепловоза и позиции контроллера машиниста, соответствующих переходу с первого гидротрансформатора на второй, стабилитрон *СТ1* переходит в состояние пробоя и включает поляризованное реле *РБС1*. Реле *РБС1* своими замыкающими контактами включает реле перехода *РП1*, которое включает электрогидравлический вентиль *ВС2* ведущей секции тепловоза. Через межтепловозные соединения по проводу 4 включается также вентиль *ВС2* ведомой секции тепловоза. Одновременно загорается сигнальная лампа «1 гидротрансформатор» на пульте машиниста.

Включившись, вентили *ВС2* совместно с ранее включенными вентилями *ВС1* заставляют передвигаться золотник передачи на заполнение второго гидротрансформатора — гидропередачи тепловоза работают в режиме второго гидротрансформатора.

При достижении скорости второго перехода стабилитроны *СТ2* и *СТ3* переходят в режим пробоя и включают реле *РБС2*, контактами которого замыкается цепь питания катушки реле перехода *РП2*. Замыкающие контакты *РП2* создают цепь питания вентиля *ВС3*. Через межтепловозные соединения по проводу 5 включается вентиль *ВС3* ведомой секции. Одновременно загорается сигнальная лампа «Гидромуфта», которая подключена параллельно вентилю *ВС3*. Дальнейшая работа гидропередач будет происходить на гидромуфте.

В цепь вентиля *ВС3* введены замыкающие контакты реле сигнализации *РС2* с выдержкой времени (на отключение), отключающие гидромуфту при заглохшем дизеле. В случае падения скорости движения теп-

ловоза автоматически будет происходить переключение гидроаппаратов в обратной последовательности.

Переход с первого гидротрансформатора на второй на 16-й позиции контроллера машиниста на маневровом режиме должен происходить при скорости тепловоза 13,2 км/ч, на поездном режиме — 27 км/ч. Переход со второго гидротрансформатора на муфту на маневровом режиме должен происходить при скорости 27,6 км/ч, на поездном режиме — 56,6 км/ч.

При достижении тепловозом максимальной конструктивной скорости (на маневровом режиме — 35,4 км/ч, на поездном — 72,5 км/ч) напряжение датчика достигает величины, при которой стабилитроны СТ4—СТ6 в цепи катушки реле скорости РС переходят в состояние пробоя. Реле РС срабатывает и замыкает свои контакты в цепи реле РПрС. Срабатывая, реле РПрС создает цепь питания реле времени торможения РВТ и звукового сигнала ЗС. Сигнал предупреждает машиниста о необходимости снизить скорость.

Если машинист не принимает необходимых мер для снижения скорости, то через 15 сек включатся замыкающие контакты РВТ с выдержкой времени на включение, которые создают цепь питания катушки промежуточного реле РПРВ. Размыкающие контакты РПРВ разрывают цепь питания электрогидравлических вентилей, а замыкающие контакты РПрВ создают цепь питания вентиля торможения ВТ. Вентиль торможения ВТ приведет в действие тормозную систему тепловоза. Одновременно вторые замыкающие контакты РПРВ зашунтируют контакты РС в цепи катушки РПрС, тем самым реле РПрС будет включено даже при снижении скорости движения тепловоза и отпадании контактов реле РС. Включить гидропередачу можно будет только после того, как рукоятка контроллера будет возвращена в нулевое положение.

На тепловозах ТГМЗБ упрощен узел контроля за конструктивной скоростью. Если произошло превышение скорости, то срабатывает реле РС и РПрС. Последние своими контактами замыкают цепь звукового сигнала и разрывают цепь включения передачи.

Работа узла переключения режима-реверса. Механизм переключения режима-реверса гидравлических передач предназначен для изменения направления вращения выходного вала гидропередачи и изменения режима работы передачи.

Механизм режима-реверса гидропередачи тепловоза состоит из двух подвижных шлицевых муфт переднего и заднего хода, каждая из которых, перемещаясь в ту или иную сторону от нейтрального положения, включает один из режимов работы гидропередачи: поездной или маневровый.

Для переключения муфт на передаче установлены два пневматических сервоцилиндра. Один из них механически связан с подвижной муфтой переднего хода, а другой — с муфтой заднего хода.

В нейтральном (выключенном) положении реверс-режимные муфты удерживаются пружинами сервоцилиндров, а во включенном — давлением воздуха в рабочей полости сервоцилиндра и фиксаторами, которые после перемещения поршней сервоцилиндров в одно из крайних положений опускаются в проточки штоков сервоцилиндров и удержи-

ваются там силой давления пружин. Шток поршня сервоцилиндра освобождается от фиксатора в момент начала переключения реверса под действием давления воздуха, подводимого в это время к фиксатору.

Чтобы сделать невозможным переключение режим-реверсных муфт во время движения, предусмотрен блокировочный клапан (см. рис. 208), пропускающий воздух к фиксаторам, разблокирующим поршень сервоцилиндра для переключения только при неподвижном состоянии тепловоза.

На рис. 213 приведена принципиальная схема переключения режим-реверсных муфт тепловоза ТГМЗА с управлением по системе двух единиц.

Переключение разрешается только при давлении в воздушной магистрали не ниже 7 кг/см^2 и неподвижном состоянии тепловоза.

Для переключения необходимо нажать рукоятку режим-реверса (при этом замыкается кнопка блокировки реверса *КБР*) и перевести рукоятку режим-реверса в выбранное положение. Рукоятку держать нажатой до тех пор, пока не загорится соответствующая сигнальная лампа. При нажатии на кнопку *КБР* включится вентиль блокировки режим-реверса *ВБР*, который откроет доступ воздуха из воздушной магистрали через блокировочный клапан, пропускающий воздух только при неподвижном состоянии тепловоза, к фиксаторам положения сервоцилиндров.

Включение вентиля *ВБР* происходит по следующей цепи: $+75 \text{ в}$, кнопка «Управление общее», контакты переключателя управления *ПКУ*, кнопка *КБР*, кулачок контроллера машиниста *КМ* (который замкнут при нулевом положении), размыкающие контакты кнопки *КБФ*, вентиль *ВБР* ведущей секции тепловоза.

Включение вентиля *ВБР* ведомой секции тепловоза происходит по следующей цепи: кнопка *КБР*, кулачок *КМ*, контакты переключателя работы секций *ПкРС*, провод межтепловозного соединения *9* и далее на ведомом тепловозе — провод *9*, переключатель *ПкРС*, кнопка *КБФ*, вентиль *ВБР*.

Фиксаторы положения сервоцилиндров, поднявшись, подготавливают возможность выхода последних на нейтраль, а их конечные выключатели произведут следующие переключения в схеме: нижние контакты *КФВ** и *КФН** конечных выключателей разорвут цепь питания катушек реле движения *РД* на обоих тепловозах, замыкающие контакты которых разорвут электрическую цепь наполнения гидроаппаратов передач и сигнализации (см. рис. 212).

Верхние контакты *КФВ* и *КФН* на обоих тепловозах замкнут цепь питания катушек реле *РУ1*, замыкающие контакты которых разорвут минусовую цепь вентиля режима и реверса обеих гидропередач.

Муфта режим-реверса каждой передачи под действием пружины начинает выходить в нейтраль. Одновременно замыкающие контакты реле *РУ1* замкнут цепь катушки вентиля фиксатора рукоятки *ВФР*, тем самым дав возможность ее перевода, например, «Поездной назад».

Включение вентиля *ВФР* происходит по следующей цепи: $+75 \text{ в}$, кнопка «Управление общее», контакты переключателя управления *ПКУ*, кнопка *КБР*, кулачок контроллера *КМ*, контакты переключателя

теля ПКУ, замыкающие контакты РУ1, провод межтепловозного соединения 1, далее на ведомой секции — провод 1, замыкающие контакты РУ1, переключатель ПКУ (на ведомой секции он должен быть в положении «Выключено»), провод межтепловозного соединения 2 и далее на ведущей секции тепловоза — провод 2, вентиль ВФР. Чтобы проворот передач начался одновременно на обеих секциях, предусмотре-

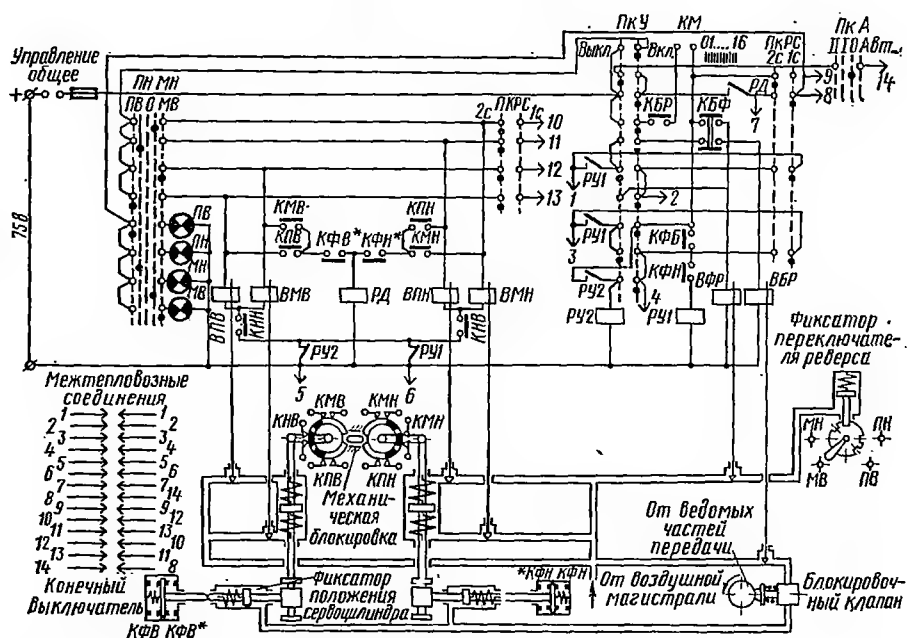


Рис. 213. Принципиальная схема переключения режима-реверса тепловоза ТГМЗА с управлением по системе двух единиц:

ВЛВ, ВМВ, ВЛН и ВМН — вентили режима-реверса (ВЛВ — вентиль поездной «вперед»; ВМВ — вентиль маневровой «вперед»; ВЛН — вентиль поездной «назад»; ВМН — вентиль маневровой «назад»); РУ2, РУ1 — реле управления; ВФР — вентиль фиксации рукоятки; ВБР — вентиль блокировки реверса; РД — реле движения; ПКРС — переключатель работы секций; ПКУ — переключатель управления; ПКА — аварийный переключатель; КМВ, КЛВ, КЛН и КМН — контакты полного включения реверса и режима для положений соответственно: маневровый режим для движения вперед, поездной режим — вперед; поездной режим для движения назад, маневровый режим — назад (или контакты режима-реверса контактного барабана); КНН, КНВ — контакты нейтрального положения сервоцилиндров для положений соответственно назад и вперед; КФВ и КФН — выключатели конечных положений фиксаторов сервомоторов для положений вперед и назад; КБР — кнопка блокировки реверса; КБФ — кнопка фиксации рукоятки.

Примечание: КФВ, КФН — контакты замкнуты только при верхнем положении поршня фиксатора сервоцилиндра; КЛВ, КЛН — контакты замкнуты только при положении поршня фиксатора в пазу штока поршня сервомотора.

ны размыкающие контакты реле РУ2, которые соединяют через межтепловозные соединения минусы на вентильях режим-реверса обеих секций до контактов РУ1. Если один из фиксаторов не поднимется, то не включится катушка реле РУ2, и, следовательно, не разорвется цепь питания вентилей режим-реверса, так как создается цепь питания вентилей через размыкающие контакты реле РУ2 и один из неразomкнутых контактов реле РУ1.

Питание катушки реле *РУ2* происходит по следующей цепи: от плюса вспомогательного генератора, через переключатель *ПКУ*, кнопку *КБР*, кулачок *КМ*, контакты переключателя *ПКУ*, замыкающие контакты реле *РУ1*, провод межтепловозного соединения 3 и далее на ведомой секции — провод 3, контакты *РУ1*, переключатель *ПКУ*, провод межтепловозного соединения 4 и далее на ведущей секции — провод 4, катушка реле *РУ2*.

С увеличением скорости вращения гидропередат при нейтральном положении муфт режим-реверса срабатывают блокировочные клапаны и прекращается доступ воздуха к фиксаторам сервоцилиндров.

Фиксаторы опускаются и верхние контакты конечных выключателей разорвут питание катушек реле *РУ1*, через замкнувшиеся контакты которого получит питание соответствующий положению рукоятки переключателя режима-реверса электропневматический вентиль, в данном случае *ВПН* — «Поездной режим назад».

В связи с тем, что разворот гидропередат тепловозов происходит не одновременно, схема предусматривает индивидуальное включение каждой передачи по мере ее разворота. Это достигается тем, что в момент срабатывания реле *РУ2* оно становится на самоподпитку через свои замыкающие контакты. Отключить реле *РУ2* можно только опустив кнопку *КБР*. Таким образом, включение соответствующего электропневматического вентиля будет производиться размыкающими контактами реле *РУ1* своей секции.

После замыкания контактов реле *РУ1* питание электропневматических вентилях гидропередат будет происходить по цепи: +75 в, кнопка «Управление общее», контакты *ПКУ*, кулачок барабана режима-реверса, вентиль *ВПН*, контакты нейтрального положения сервоцилиндра переднего хода *КНВ*, контакты *РУ1*.

На ведомой секции питание вентиля осуществляется по цепи: от плюса *ВГ*, на кнопку «Управление общее», контакты *ПКУ*, кулачок барабана режим-реверса, переключатель *ПкРС*, провод межтепловозного соединения 11 и далее на ведомой секции — провод 13, вентиль поездной вперед *ВПВ*, контакты нейтрального положения сервоцилиндра заднего хода *КНН*, контакты *РУ1*.

Вентили *ВПН* на ведущей секции и *ВПВ* на ведомой включаются потому, что секции тепловозов для работы по системе двух единиц соединяются только одной стороной (кабинами друг к другу).

Через включенный электропневматический вентиль воздух из магистрали тепловоза поступает в соответствующую полость сервоцилиндра, который включит муфту на выбранный ход и режим.

Включившись, подвижная муфта заблокируется фиксатором сервоцилиндра, при этом нижние контакты фиксаторов создают цепь питания катушки реле движения *РД* по следующей цепи: +75 в, кнопка «Управление общее», контакты *ПКУ*, контакты барабана режим-реверса, контакты *КПН*, контактного барабана, нижние контакты *КФН**, конечного выключателя, катушка *РД*. На ведомой секции катушка реле *РД* получает питание по цепи: контакты барабана режим-реверса, контакты переключателя *ПкРС*, провод межтепловозного сое-

динения 11 и далее на ведомой секции провод 13, контакты КПВ контактного барабана, нижние контакты КФВ, катушка реле РД.

Замыкающие контакты реле РД создают цепь наполнения гидроаппаратов (см. рис. 211) и цепь сигнализации.

Питание сигнальных ламп происходит по цепи: +75 в, кнопка «Управление общее», контакты ПКУ, замыкающие контакты РД, провод межтепловозного соединения 7 и далее на ведомой секции — провод 7, контакты реле РД, переключатель ПКУ, аварийный переключатель (на ведомой секции ПКА должен стоять в положении «Выключено»), провод межтепловозного соединения 14 и далее на ведущей секции — провод 8, контакты барабана режим-реверса, сигнальная лампа «Поездной назад», — 75 в.

После того как загорится сигнальная лампа ПН включения режим-реверса, рукоятку режим-реверса можно отпустить.

При нормальном переключении режим-реверса кнопкой КБФ не пользуются. Кнопкой пользуются при переводе управления с одной секции на другую и в том случае, если при работе по системе двух единиц перед пуском не будет гореть ни одна из ламп режим-реверса, что возможно при несоответствии положения передач и положения рукоятки. При нажатии на кнопку КБФ создается цепь питания вентиля фиксации рукоятки ВФР, который разблокирует рукоятку и оборвет цепь питания вентиля ВБР, передача остается заблокированной. Теперь возможно перевести рукоятку режима-реверса до положения, при котором загорится сигнальная лампа, после чего кнопку КБФ можно отпустить. После этого можно пустить дизель и перевести рукоятку режим-реверса в желаемое положение.

Схема переключения режим-реверса тепловозов ТГМ4Б не имеет реле управления РУ1 и РУ2. Полупроводниковый блок управления системой гидроповорота передачи тепловоза ТГМ3Б выполнен по схеме мультивибратора с разделительными диодами. Мультивибратором служит нелинейный R — C-генератор с емкостными связями между транзисторами, который вырабатывает колебания прямоугольной формы. Разделительные диоды уменьшают искажения формы импульсов.

На тепловозах ТГМ3А управление вентилятором и жалюзи осуществляется автоматически. Для этого на тепловозе установлены два термореле. Термореле управляют вентилятором холодильника, верхними жалюзи, жалюзи масла и воды. Управлять вентилятором холодильника и жалюзи можно и вручную.



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Перед локомотивостроением поставлена задача повышения мощности тепловозов и увеличения их скоростей. Повышение мощности тепловозов требует уменьшения веса локомотива на единицу мощности, и наша промышленность сделала в этом направлении очень многое. Достаточно сказать, что с начала выпуска первых послевоенных тепловозов вес на единицу мощности снижен почти в 3 раза.

Снижение веса достигнуто путем усовершенствования конструкции тепловоза в целом и его отдельных агрегатов. Немалую роль сыграло снижение веса электрических машин, которое обусловлено улучшением конструкции, повышением электрической и магнитной нагрузок и увеличением скорости вращения. Увеличение объема перевозок предъявляет повышенные требования к тепловозам в отношении надежности и уменьшения расходов на содержание и ремонт.

Как отмечалось выше, до недавнего времени электрическая передача практически всех тепловозов, находящихся в эксплуатации как в Советском Союзе, так и за рубежом, выполнялась на машинах постоянного тока, так как свойства тяговых электродвигателей и генераторов постоянного тока обеспечивают хорошие тяговые характеристики тепловозов.

Дальнейшее повышение мощности дизелей до 4000—6000 л. с. требует создания мощных главных генераторов. Выполнение генераторов постоянного тока ограничено требованием сочетания мощности и скорости вращения, которые определяются условиями коммутации и нагретия.

Практикой электромашиностроения для генераторов постоянного тока установлен критерий выполнимости их $P_n < 3,6 \times 10^6$ л. с. об/мин, т. е. произведение мощности на скорость вращения якоря не должно превышать определенной величины. Для тепловозов мощностью 4000 л. с. и скоростью вращения вала дизеля 1000 об/мин это значение уже превышает.

Заводом «Электротяжмаш» создан опытный генератор постоянного тока мощностью 2700 квт при 1000 об/мин, но добиться удовлетворительной коммутации, небольших габаритов и веса было очень трудно. Нельзя не учитывать, что чем ближе расчетные нагрузки к предельным, тем чаще происходят нарушения коммутации в тяжелых условиях эксплуатации. Необходимо отметить, что генераторы постоянного тока даже для тепловозов мощностью 3000 л. с. получаются весьма на-

пряженными и обеспечить их надежную работу в эксплуатации затруднительно. Поэтому при повышении мощности тепловоза, приходящейся на одну секцию, необходимо использовать машины переменного тока.

Генераторы переменного тока, помимо исключения проблемы коммутации в скользящем контакте, обладают большей надежностью и требуют меньших эксплуатационных расходов, так как отсутствует коллектор и сложные изоляционные конструкции на якоре, а также сборка и разборка их проще, чем генераторов постоянного тока. Нельзя не учитывать существенного снижения веса генератора переменного тока, связанного с отсутствием коллектора и повышением электромагнитных нагрузок.

Следовательно, экономия в весе и стоимости генератора переменного тока по сравнению с генератором постоянного тока достигается главным образом за счет снижения расходов на дорогостоящие коллекторную медь и электротехнические стали. Кроме того, генераторы переменного тока могут быть построены на более высокие скорости вращения, что уменьшает вес дизель-генераторной установки.

Эксплуатация тепловозов типа ТЭ109, на которых впервые была применена электрическая передача переменного-постоянного тока, подтвердила преимущества нового типа передачи. Силовая схема электрической передачи и ее система автоматического регулирования могут быть применены практически на всех тепловозах мощностью 1200—4000 л. с. Это открывает широкие возможности для унификации электрических машин и аппаратов.

Предполагается для тепловозов мощностью до 2000 л. с. применять единый синхронный генератор, а на тепловозах мощностью до 4000 л. с. предусматривается внедрение унифицированного тягового электродвигателя, использующего новые виды изоляции — «Монолит-2» и изоляции на основе полиимидной пленки.

На новых тепловозах будут широко внедрены электродинамические тормоза и электроприводы собственных нужд, получающие питание от специальных синхронных генераторов. В настоящее время асинхронные электродвигатели для привода собственных нужд тепловоза питаются от главного генератора, вследствие чего веса их завышены, так как при постоянной частоте напряжение изменяется в широких пределах.

Разработаны синхронные генераторы для систем электроотопления поезда, которые будут устанавливаться на тепловозах мощностью 3000 и 4000 л. с. Создается бесконтактный (бесщеточный) возбудитель для возбуждения главного синхронного генератора, генератора собственных нужд и генератора отопления.

Наиболее важной перспективной работой является создание для тепловозов электрической передачи на переменном токе. При таких передачах наиболее целесообразно использовать асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, которые при одинаковых параметрах с двигателями постоянного тока имеют меньшие габариты, в 1,2—1,4 раза легче, в 2—3 раза дешевле, практически не имеют ограничений по силе тяги и току и обладают большей надежностью в эксплуатации из-за отсутствия коллектора. Трудность применения асинхронных дви-

гателей для условий тяги заключается в том, что они имеют так называемую жесткую характеристику, т. е. скорость вращения ротора при постоянном напряжении и частоте почти постоянна при изменении нагрузки.

Регулирование скорости асинхронных электродвигателей возможно изменением числа полюсов и частоты источника питания, а также изменением подводимого напряжения.

Изменение числа полюсов дает ступенчатое регулирование скорости в сравнительно небольших пределах, увеличивает габариты, вес и стоимость электрических двигателей. Несмотря на это, ведутся работы по регулированию скорости путем переключения числа полюсов как у главного генератора, так и у электродвигателей.

Регулирование частоты машин переменного тока, приводимых во вращение от дизеля, вызывает затруднения, так как тепловозные дизели при определенной мощности работают с постоянной скоростью вращения вала. Это заставляет иметь промежуточные машины, рассчитанные на полную мощность дизеля, что экономически невыгодно, а практически невозможно разместить их на тепловозе. С развитием полупроводниковой техники возможно создать сравнительно компактную и легкую передачу на переменном токе.

Для этого перспективно использовать машины переменного тока — синхронный генератор *СГ* и частотно-регулируемые асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором *А*. При частотном регулировании необходимо изменять величину подводимого к двигателям напряжения и частоту. Величину подводимого напряжения можно регулировать возбуждением *СГ*, а частоту — силовым тиристорным преобразователем частоты *ПЧ*, основным элементом которого является инвертор *И* (рис. 214).

Напряжение от *СГ* поступает на вход полупроводникового выпрямителя *ВУ*. От него постоянный ток подается на тиристорный инвертор, где преобразуется в переменный ток регулируемой частоты, которым и питаются асинхронные тяговые электродвигатели. Достоинствами тиристорного преобразователя являются возможность раздельного плавного регулирования амплитуды и частоты выходного напряжения, сравнительно небольшие габариты, высокий к. п. д., достигающий 97%, и удобное для ремонта и эксплуатации блочное исполнение электронных элементов.

Автоматическое управление статическим преобразователем дает возможность оптимизировать условия работы двигателей при любых режимах (при боксовании). В рассматриваемой передаче значительно упрощается переход из режима тяги в режим реостатного торможения. При

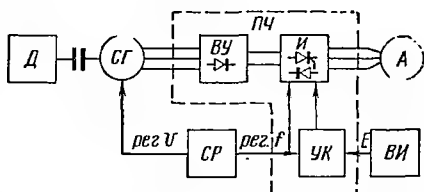


Рис. 214. Схема электрической передачи переменного тока с преобразователем частоты (со звеном постоянного напряжения):

Д — дизель; *СГ* — синхронный генератор; *ВУ* — выпрямитель; *И* — инвертор; *А* — асинхронный электродвигатель; *СР* — система регулирования; *УК* — узел коммутации; *ВИ* — внешний источник; *ПЧ* — преобразователь частоты

создании тиристорного инвертора возникают проблемы компенсации реактивной энергии нагрузки и коммутации (гашения) тириستоров инвертора. С точки зрения компенсации реактивной энергии нагрузки для частотного регулирования асинхронных двигателей в широком диапазоне рекомендуется применять параллельные инверторы, т. е. в схему включают конденсаторы параллельно источнику питания и нагрузке.

Вследствие того что тиристор представляет собой прибор с неполной управляемостью, то при создании инвертора необходимо в схеме предусматривать дополнительные элементы для коммутации тириستоров. Такими элементами чаще всего являются предварительно заряженные конденсаторы, которые подключаются в схему непосредственно или через трансформатор. Коммутационные элементы — индуктивности, емкости, вспомогательные тиристоры и др. — образуют узел коммутации *УК*, который желательно подключать к шинам переменного напряжения. С целью снижения мощности *УК* и повышения его коммутационной способности в широком диапазоне изменения питающего напряжения и тока нагрузки в *УК* вводят вспомогательный источник *ВИ* напряжения *E*, который проще подключать параллельно коммутационным элементам в паузе между коммутациями.

Исследования в области создания тепловоза с передачей переменного тока ведутся в течение ряда лет на заводе «Электротяжмаш» и рядом других научных организаций. НИИ «Электротяжмаш» построен и испытан макетный образец тепловоза с электропередачей переменного тока, ЛИИЖТ оборудовал тепловоз ВМЭ1-024 асинхронными двигателями и статическим преобразователем и проводит его эксплуатационные испытания. В текущем пятилетии предстоит выпуск опытного тепловоза мощностью 4000 л. с.

Создание и внедрение на тепловозах электрической передачи переменного тока подымут отечественное тепловозостроение на новую ступень.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловоз 2ТЭ10Л. Руководство по эксплуатации и обслуживанию. М., «Транспорт», 1969, 304 с.
2. Вилькевич Б. И. Справочник по электрооборудованию тепловозов. М., «Транспорт», 1967, 336 с.
3. Труды НИИ завода «Электротяжмаш», вып. 2. Х., 1971, 167 с.
4. Вилькевич Б. И. Электрические схемы тепловозов 2ТЭ10Л, ТЭ10 и ТЭП60. М., «Транспорт», 1971, 144 с.
5. Степанов В. Р. и др. Тепловоз 2ТЭ10Л. М., «Транспорт», 1970, 296 с.
6. Алексеев А. Е., Калита А. И. Опытный тепловоз с асинхронными двигателями и статическими преобразователями. — «Электрическая и тепловозная тяга», 1971, № 10, с. 11—13.
7. Филиппов Л. К. и др. Тепловозы серии 2ТЭ10Л с улучшенными противобоксовочными свойствами. — «Электрическая и тепловозная тяга», 1970, № 8, 1971, № 1, с. 24—27.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
§ 1. Назначение и свойства электрической передачи	3
§ 2. Работа дизель-генераторной установки	7
§ 3. Принципы регулирования главного генератора	8
Г л а в а I. Электрические машины тепловозов	12
§ 1. Общие сведения	12
§ 2. Главные генераторы	16
§ 3. Двухмашинные агрегаты. Регулирование напряжения главного генератора	44
§ 4. Однокорпусный агрегат А-705А	54
§ 5. Тяговые электродвигатели	58
§ 6. Вспомогательные электрические машины	74
§ 7. Возможные неисправности электрических машин	81
Г л а в а II. Аккумуляторные батареи тепловозов	83
§ 1. Кислотные аккумуляторы	83
§ 2. Щелочные аккумуляторы	86
§ 3. Устройство аккумуляторных батарей тепловозов	87
§ 4. Основные неисправности	91
Г л а в а III. Электрические аппараты	93
§ 1. Общие сведения	93
§ 2. Аппараты управления	102
Контроллеры машиниста	102
Кнопочные выключатели, тумблеры	104
Реверсор	107
Контакты	112
Электропневматические вентили	119
Реле управления	122
Реле перехода	123
Реле обратного тока	127
Реле времени	130
§ 3. Аппараты автоматического регулирования	133
Регулятор напряжения типа ТНР-1	133
Магнитные усилители и трансформаторы	137
Полупроводниковые элементы	140
Выпрямительная установка	143
§ 4. Аппараты защиты	144
Блокировочный магнит	144
Реле давления масла	146
Автомат предельного числа оборотов дизеля	148
Реле заземления	149
Реле боксования	150
Реле ограничения тока	153
Температурное реле	155
Дифференциальный манометр	157
Реле давления воздуха	158
Трубчатые предохранители	158
Блокировочные контакты дверей высоковольтной камеры	159
§ 5. Контрольно-измерительные и сигнальные приборы	159
§ 6. Аппараты разные	162
§ 7. Бесконтактные реле и регуляторы	167
Г л а в а IV. Основные принципы работы и регулирования электрической передачи	181
§ 1. Управление тепловозом и электрической передачей	181
§ 2. Регулирование тяговых электродвигателей	183

§ 3. Регулирование главного генератора	191
§ 4. Дополнительное регулирование мощности дизель-генератора	204
§ 5. Схема возбуждения генераторов тепловозов ТЭ10 и ТЭП60	209
§ 6. Схема с магнитным усилителем в цепи возбуждения возбуждителя	211
§ 7. Тиристорная схема возбуждения синхронного генератора для тепловозов с передачей переменного-постоянного тока	213
§ 8. Схема пуска дизеля	219
§ 9. Защита в электрической схеме тепловоза	221
Г л а в а V. Схемы электрических соединений тепловозов	222
§ 1. Принципиальные схемы управления тепловозами и классификация схем.	222
§ 2. Схемы электрических соединений тепловоза 2ТЭ10Л	224
§ 3. Схемы электрических соединений тепловоза ТЭМ2	245
Г л а в а VI. Электрическое оборудование тепловозов с гидравлической передачей	257
§ 1. Электрические машины.	257
§ 2. Электрические аппараты	262
§ 3. Схемы электрических соединений	265
Г л а в а VII. Основные направления в развитии электрической передачи	275
Список литературы	278

Ксения Ивановна Рудая
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ

Обложку художника *В. В. Бородина*

Редакторы Э. В. Булгакова, *Н. П. Киселева*

Технический редактор *Л. И. Широкогорова*

Корректоры *В. Я. Алексеева* и *Р. А. Юдина*

Сдано в набор 29/III 1973 г.

Подписано к печати 18/IX 1973 г.

Бумага 60×90¹/₁₆, типографская № 2.

Печатных листов 17,5+1 вкл. (условных 19,84).

Учетно-изд. листов 22,72 Т12289 Тираж 45 000 Изд. № 1-1-3/1 № 4667 Зак. тип. 262 Цена 1 руб.

Изд-во «ТРАНСПОРТ», Москва. Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
г, Москва, И-41, Б. Переяславская, 46

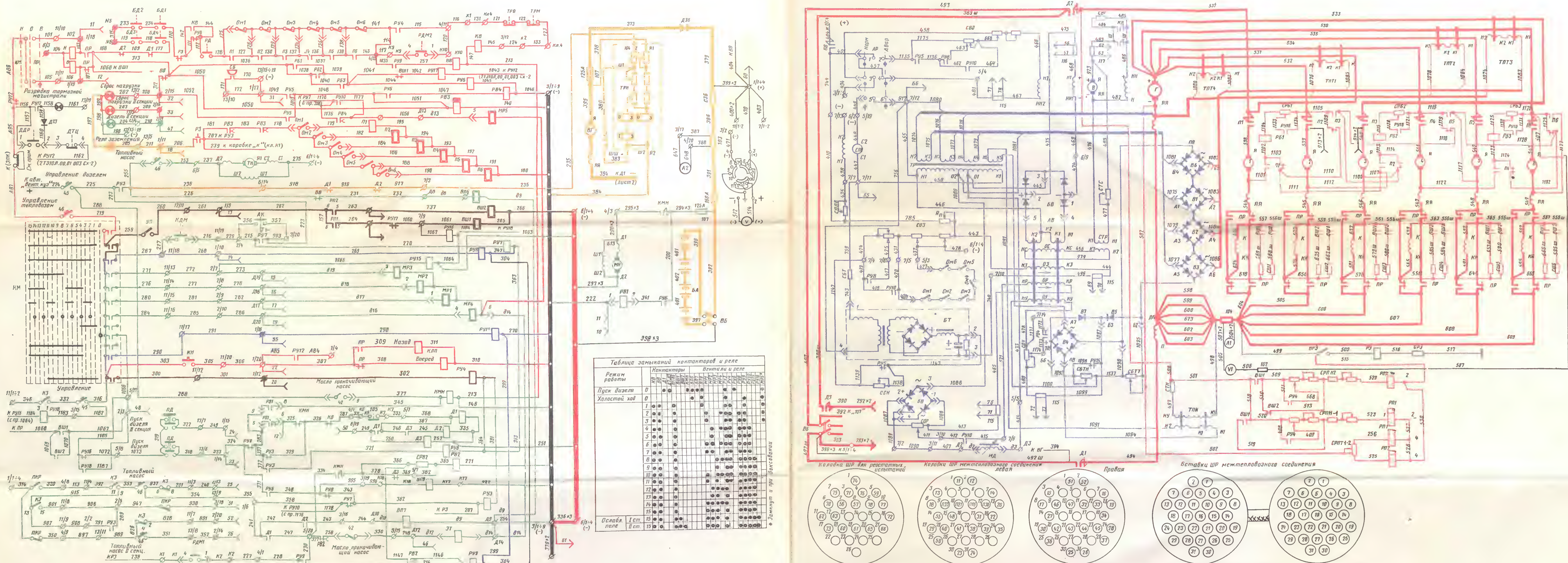


Рис. 196. Исполнительная электрическая схема тепловоза 2ТЭ10Л

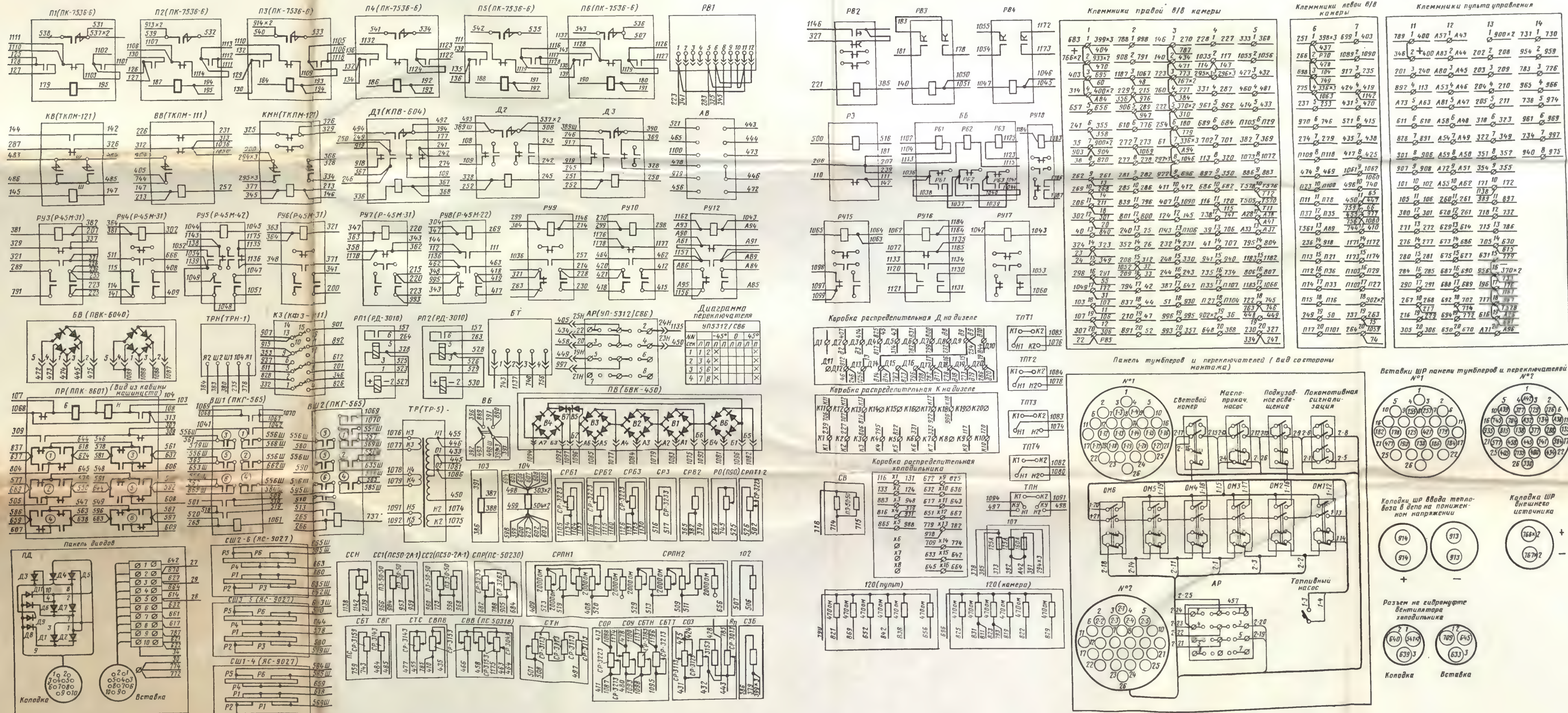


Рис. 197. Монтажные схемы электрических аппаратов тепловоза 2ТЭ10Л

Обозначения на схеме	Наименование	Коли- чество	Тип
<i>Г</i>	Генератор	1	ГП-311Б
<i>Г-6</i>	Тяговые электродвигатели	6	ЭД-107А
<i>В</i>	Возбудитель	1	В-600
<i>ВГ</i>	Вспомогательный генератор	1	ВГТ-275/120
<i>ТН</i>	Электродвигатель топливного на- соса	1	П2
<i>МН</i>	Электродвигатель маслопрокачиваю- щего насоса	1	П41
<i>БТ</i>	Блок тахометрический	1	БА-420
<i>СПВ</i>	Синхронный подвозбудитель	1	ВС-652
<i>ТРМ</i>	Термореле масла	1	КР-2
<i>ТРН</i>	Термореле воды	1	—
<i>РДМ1, РДМ2</i>	Реле давления масла	2	РДМ-20
<i>СБ</i>	Звуковой сигнал боксования	1	СС-2
<i>МР1—МР5</i>	Электромагниты тяговые	5	ЭТ-52
<i>ВП6—ВП7</i>	Вентили электропневматические	2	ВВ-1 с катушкой 72в и 24 в
<i>ОМ1—ОМ6</i>	Выключатели тяговых электродви- гателей	6	ВБТ-2
<i>БА</i>	Батарея аккумуляторная	1	46ТПЖН-550
<i>ВРЗ</i>	Выключатель реле заземления	1	ГВ-25А
<i>КН</i>	Ножная педаль песочницы	1	КН-2А
<i>УП</i>	Выключатель реле перехода	1	ВБТ-2
<i>АК</i>	Кнопка безвозвратной пружины (аварийная кнопка)	1	—
<i>КДМ</i>	Контакт дифманометра	1	—
<i>БД1—БД4</i>	Концевые выключатели дверей в/в камеры	4	ВК-2006
<i>ВП2—ВП5, ВП9</i>	Вентили электропневматические	5	ВВЗ
<i>ПВ</i>	Панель выпрямителей	1	БВК-450
<i>БВ</i>	Панель выпрямителей АВ	1	ПВК-6040

Продолжение

Обозначения на схеме	Наименование	Коли- чество	Тип
<i>ЭТ</i>	Блокировочный магнит	1	ЭТ-54
<i>КМ</i>	Контроллер машиниста	1	КВ-1509
<i>ИД</i>	Индуктивный датчик	1	ИД-10
<i>ПД</i>	Кнопка пуска дизеля	1	К-20
<i>КЗ</i>	Ключ замковый	1	КФЗ-1111
<i>ВКВ, ВКМ</i>	Концевые выключатели автоматики холодильника	2	МП-2101
<i>РО</i>	Реостат освещения приборов	1	П-90
<i>РД</i>	Реле давления	1	АК-11Б
<i>А1</i>	Амперметр 0-6000 а	1	М-4200
<i>А2</i>	Амперметр 150-0-150 а	1	М-4200
<i>В1</i>	Вольтметр 0-1000 в	1	М-4200
<i>В2</i>	Вольтметр 0-150 в	1	М-4200
<i>ЭДМУ-6</i>	Электродистанционный манометр	2	ЭДМУ-6 (компл.)
<i>ТП-2</i>	Электродистанционный термометр	3	ТП-2 (компл.)
<i>СШРГ</i>	Розетка реостатных испытаний	1	СШРГ48П26ЭШЗ-К
<i>ШР60П31</i>	Межтепловозное соединение	2	ШР60П31
<i>ШР48П2</i>	Розетка ввода тепловоза в депо и внешнего питания	3	ШР48П2
<i>ВБТ-2</i>	Переключатель режимов	1	ВБТ-2
<i>П-11</i>	Электродвигатели вентиляторов ку- зова	2	П-11
<i>П-11</i>	Электродвигатель калорифера	1	П-11
<i>МВ-75</i>	Электродвигатели вентиляторов ка- бины	2	МВ-75
<i>Ц-127-25-1</i>	Электролампа 127 в; 25 вт	4	Ц-127-25-1(с цоко- лем 2Ш22)
<i>СМ-18</i>	Электролампа 24 в; 25 вт	6	СМ-18
<i>СЖ-6</i>	Светильник потолочный	11	СЖ-6
<i>С цоколем 2Ш22</i>	Электролампа 80 в; 60 вт; Ж-80-60	24	С цоколем 2Ш22
<i>Патрон свановский с фланцем</i>		10	2Ш22-250МФК

Продолжение

Обозначения на схеме	Наименование	Коли- чество	Тип
<i>10</i>	Буферный прожектор	2	ПБС-24
<i>11</i>	Светильник ходовых частей	4	СЖ-1
<i>РП1; РП2</i>	Реле перехода	2	РД-3010
<i>13</i>	Розетка штепсельная	5	РЗ-8Б
<i>14</i>	Электролампа прожекторная	1	ПЖ-23
<i>15, 28</i>	Электролампа 110 в; 8 вт	3	СЦ-21
<i>16</i>	Светильник настенный	4	2Ш-15
<i>17</i>	Арматура сигнальной лампы	5	У7010048
<i>19</i>	Светосигнальный прибор	6	АС-2
<i>25</i>	Клеммный набор	19	СМ-4
<i>СРВ2</i>	Светильник ручной переносный	1	2ТЭ10Л, 70, 12
<i>ТРН</i>	Резистор реле времени	1	1240
<i>ДЗБ</i>	Регулятор напряжения	1	ПС-2010
<i>ТПН</i>	Панель с силовым диодом	1	ТРН-1
<i>103</i>	Трансформатор постоянного напря- жения	1	ПВК-6011
<i>104</i>	Шунт к амперметру 150 а	1	ТПН-3А
<i>105</i>	Шунт к амперметру 6000 а	1	75ШС-150-0,5
<i>107</i>	Концевой выключатель валопово- ротного механизма	1	ГОСТ 8042-61
<i>26</i>	Панель с предохранителями	1	75ШС-6000-0,5
<i>П1—П6</i>	Штепсель с проводом и бромей	1	ГОСТ 8042-61
<i>ВШ1—ВШ2</i>	ШРПЛ2Х1,Е	1	ВК-411
<i>КВ; КМН</i>	Контакты электропневматические	6	ПП-4035
<i>ВВ</i>	Контакты электропневматические групповые	2	ШУ-5А
	Контакты электромагнитные	2	ПК-753Б
		1	ПКГ-560
			ТКПМ-121
			ТКПМ-111

Продолжение

Обозначения на схеме	Наименование	Коли- чество	Тип
<i>РУ8, РУ9, РУ12, РУ15, РУ18 РУ3; РУ10; РУ16; РУ6; РУ7; РУ4 РУ5 КЛП ТР СТН 102 120 СВВ</i>	Реле управления	5	Р45М-22
	Реле управления	6	Р45М-31
	Клапан песочницы	1	Р45М-42
	Распределительный трансформатор	1	КЛП-32
	Резистор в цепи ТПН	1	ТР 5
	Резистор добавочный к вольтметру	1	ПС-50416
	Панель с резисторами	2	Р-103
	Резистор в цепи размагничивающей обмотки возбуждения	1	2ТЭ10Л.70.12 016
	Резисторы реле перехода токовое	1	ПС-50318
	Резистор автостопа	1	ПС-50125
	Резистор прожектора	1	ПС-50122
	Резисторы в цепи возбуждения и в цепи БТ	1	ПС-50230
	Резисторы в цепи ТС и возбуждения синхронного подвозбудителя	1	ПС-50232
	Резисторы реле перехода катушки напряжения	1	ПС-50231
	Блок боксования	1	ПС-41200
	Резисторы в задающей обмотке АВ	2	ББ-303
	Резисторы в цепях подмагничивания амплнстата	1	—
	Реле заземления	1	ПС-50418
	Переключатель аварийного режима	1	Р45Г2-11
			УП5312-С86

Продолжение

Обозначения на схеме	Наименование	Коли- чество	Тип
<i>ПР СШ-4, СШ-3-6, СШ-2-5 ВРЗ СРБ1—СРБ3 ССН АВ Д1, Д2, Д3 РВ1 РВ2 РВ3, РВ4 СВ, СС-1, СС-2</i>	Реверсор кулачковый	1	ППК-8601
	Ящики резисторов	3	ЯС-9027
	Разъединитель реле заземления	1	ГВ-25А
	Резисторы в цепи реле боксования	3	ПС-50125
	Резистор сброса нагрузки	1	ПС-50129
	Амплнстат возбуждения	1	АВ-3А
	Контактор электромагнитный	3	ВЛ-21
	Реле времени	1	КПВ-604
	То же	1	ВЛ-21
	»	2	РВП-2М
	Резисторы в цепях вентиляторов и в цепях сигнальных светильников	3	РЭВ-812
	Резистор в цепи РЗ	1	ПС-502А-1
	Резистор заряда батареи	1	ПС-50124
	Трансформаторы тока	4	ЯС-7101
	Выключатель батареи	1	ТПТ-10
	Стабилизирующий трансформатор	1	ГВ-22А
	Светильник зеленого света	2	ТС-2
	Патрон штифтовой	2	СЗСЛ-60
	Тумблер	2	2Ш15-260 ПНКВ
	»	13	ВБТ-2
	»	4	ВТ3
	»	4	ВБТ-4
	Автомат 20А	5	А3161
	» 15А	3	А3161
	Шунт для реостатных испытаний	14	ШС-75-5-05
	5А	4	ГОСТ 8042—61
	Шунт для реостатных испытаний	1	ШС-75-20-05
	20А	1	ГОСТ 8042—61
	Шунт для реостатных испытаний	1	ШС-75-150-05
	150А	1	ГОСТ 8042—61

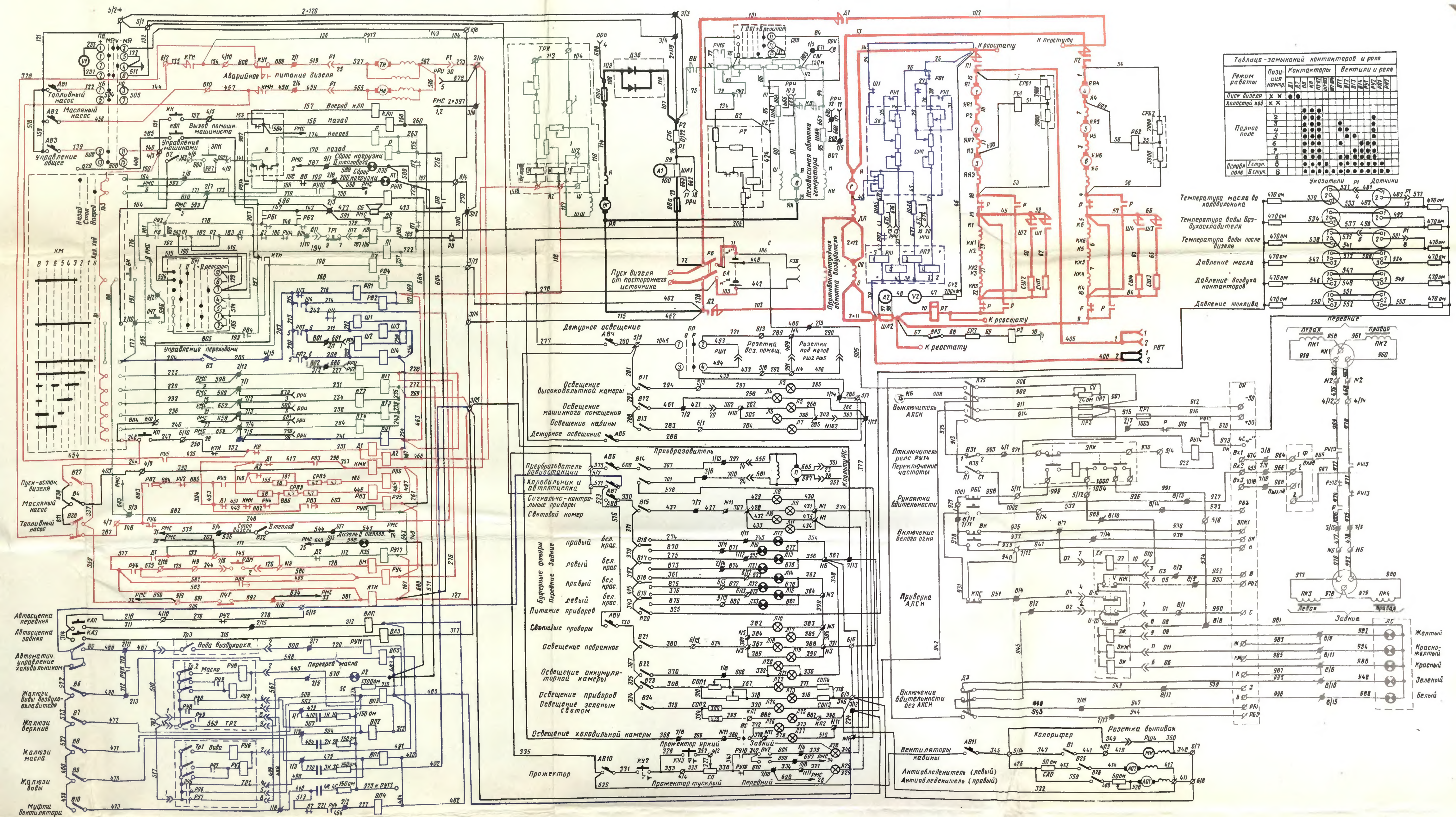
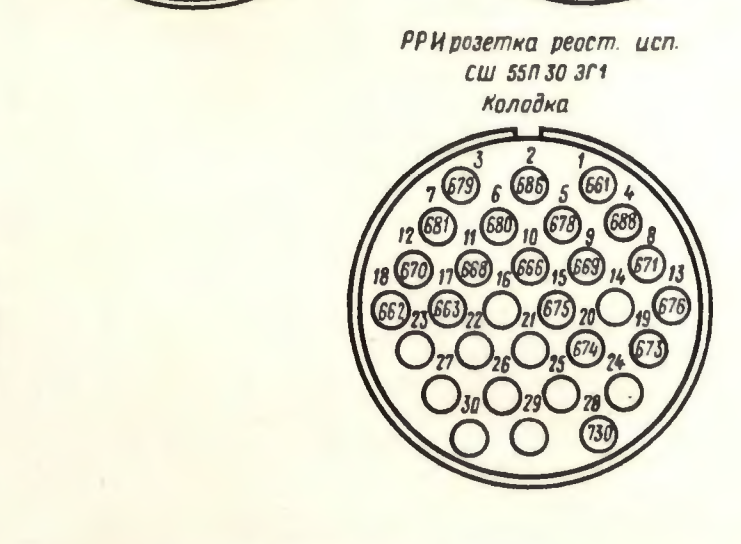
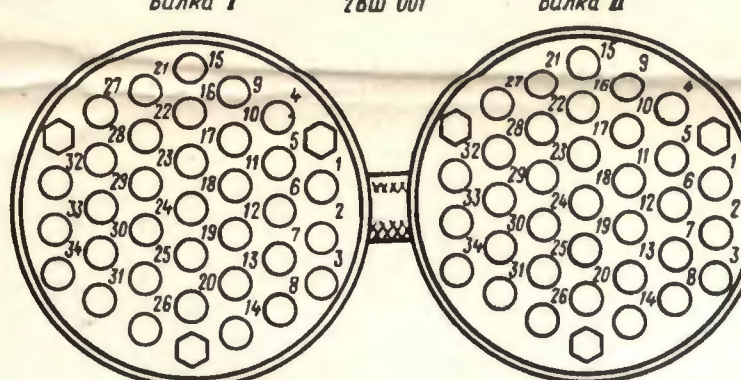
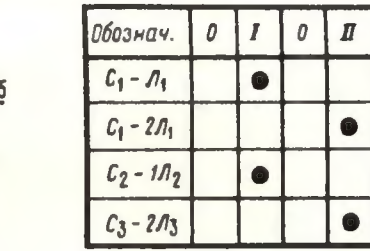
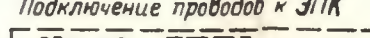
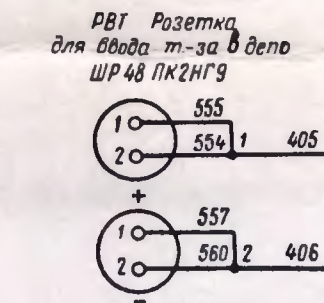
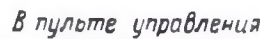
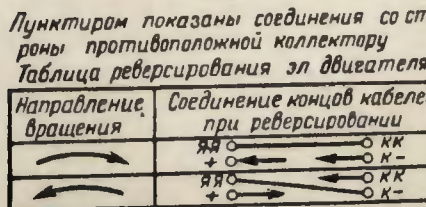
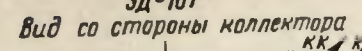
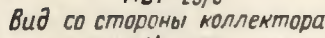
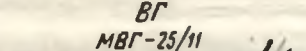
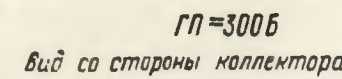


Рис. 204. Монтажные схемы электрических аппаратов тепловоза ТЭМ2

Рис. 203. Исполнительная схема электрооборудования тепловоза ТЭМ2, оборудованного АЛСН и устройствами для управления по системе двух единиц

Обозначения на схеме	Наименование	Количество	Тип
АО1, АО2	Электродвигатели вентилятора антиобледенителя	1	МВ-75
АВ2, АВ3, АВ6	Автоматы установочные	3	А3161, /расц=20 а
АВ1, АВ4, АВ5, АВ7—АВ11	Автоматы установочные	8	А3161, /расц=15 а
А1	Амперметр заряда батарей со шкалой 100—0—100 а	1	М4200
А2	Амперметр главного генератора со шкалой 0—2000 а	1	М4200
БА	Батарея аккумуляторная	1	32ТН-480
БМ	Электромагнит тяговый	1	ЭТ-84
БК	Блокировка двери высоковольтной камеры	1	ВПК-2110
ВГ	Генератор вспомогательный	1	МВГ-25/11
В	Возбудитель генератора	1	МВТ-25/0
ВВ	Контактор возбуждения возбудителя	1	ТКПМ-111
ВП1—ВП5	Вентили электропневматические	7	ВВ-32
ВАП, ВА3, ВТ1—ВТ4	Вентили электропневматические	4	ВВ-1
ВТ14, В16—В19	Переключатели двухполюсные	5	П2Т-1
ВС	Тумблер на 5 а, 220 в	1	Т-8
В1—В13, В15, В20—В28, В31, В32	Тумблеры	25	ТВ1-1
ВР3	Выключатель реле заземления	1	ГВ-25А
В30, В29	Выключатели пакетные	1	ПВМ2-10
Г	Генератор тяговый	1	ГП-300Б
Д1, Д2	Контакты пусковые	2	КПВ-604
1К—4К	Конденсаторы	4	КБГ-МН
КВ	Контактор возбуждения генератора	1	ТКПМ-121
КТН	Контактор топливного насоса	1	ТКПМ-111
КМН	Контактор маслопрокачивающего насоса	1	ТКПМ-111
КЛП	Клапан песочницы	1	КЛП-32
КМ	Контроллер машиниста	1	КВ-0801
КБ	Ключ блокировочный	1	КФЗ-1111
КУ1—КУ3	Кнопки в сборе	—	—
КК1, КК2	Трехклеммные коробки	2	КС-3
КП, ВК, КПС	Кнопки управления	3	КЕ-011
Л28—Л29	Лампы прожекторные	2	ПЖ-23
Л3—Л23, Л26, Л27, Л30—Л33	Лампы накаливания	27	Ж80Х60
Л24	Лампа 60 а, 4,8 вт	1	СЦ-7
Л25	Лампа 12 а, 1 вт	1	А-22
Л1, Л2, Л25, Л36	Лампы сигнальные 120 а, 15 вт	4	СЦ-19
ЛС	Локомотивный светофор	1	С-2-8М
МК	Электродвигатель вентилятора калорифера	1	МВ-75
МН	Электродвигатель маслопрокачивающего насоса	1	П-22
ОМ	Отключатель моторов	1	УП-8314
ОЯ	Общий щит с усилителем и дешифратором	1	—
П1, П2	Контакты поездные	2	ПК-753Б
ПВ	Переключатель вольтметра	1	П2Т-1
ПР	Переключатель розеток	1	УП-8311
П	Преобразователь	1	ПО-300В
ПВ	Панель с выпрямителем	2	ПВК-8011
ПЧТ	Переключатели режимов	1	ППМ3-25/Н2
ПК1—ПК4	Приемные катушки	4	—
ПР1—ПР3	Предохранители	3	ПР-2
Р	Резерватор	1	ПР-721
РУ5	Реле управления	1	Р-45М-31
РУ4, РУ10, РУ13, РУ14, РУ16, РУ17	Реле управления	6	Р45М22
РП1, РП2	Реле перехода	2	РД-3010
РБ1, РБ2	Реле боксования	2	Р-46Б-1
РТ	Реле ограничения тока	1	ПР-27А-3
РЗ	Реле заземления	1	Р-45Г2-11
РВ1, РВ2	Реле времени	2	РЭВ-814
РВ3, РВ5	Реле времени	2	РВП-2 исп. 2
РВ4	Реле времени	1	РЭВ-812
РБ	Рубильник батарей	1	ГВ-22А
РВ11	Реле электромагнитное	1	РЭН-17
РЗВ	Розетка заряда батарей	1	ШР48ПК2НГ9
РШ1—РШ3	Розетки силуминовые	3	РШ2-41
РШ4	Розетка бытовая	1	—
РР1	Розетка для реостатных испытаний	1	СШР85П303Г1
РВТ	Розетка ввода тепловоза в дело	2	ШР48ПК2НГ9
РДМ	Реле давления масла	1	РДМ-20
Р1	Штепсельный разъём	1	ШР85ПК3НГ3
РУ1	Реле управления	1	Р-45М-31
РУ2	Реле управления	1	Р-45М-13
РМС	Розетки межтепловозного соединения	1	2СШ-001
РБС	Рукоятка бдительности	1	РБ-Б2
СЗБ	Резистор заряда батарей	1	ЯС-7014
СШ1—СШ4	Резисторы ослабления поля	2	ЯС-9024
СРП	Резистор реле перехода	1	ПС-4072
СРЗ	Резистор реле заземления	1	ПС-80124
СВВ	Резистор возбуждения возбудителя	1	ПС-50511
СВГ	Резистор возбуждения генератора	1	ПС-81А-1
СРВ3, СРВ5	Резисторы реле времени	2	ПС-30310
СП	Резистор прожектора	1	ПС-50230
САО	Резистор антиобледенителя	1	ПС-2028
СРБ1, СРБ2	Резисторы реле боксования	2	ПС-4020
СВ2	Резистор	1	Р-103
1С—4С	Резисторы 180 ом	4	ВС-2
СОП1—СОП2	Резисторы освещения приборов	2	П-90
СОП3, СОП4	Резисторы освещения приборов	2	ПЭ-50-33 ом
СБ	Сигнал боксования	1	РВФ-110-64А
СК1—СК9	Зажимы соединительные	9	СК-2
СЛ	Скоростемер локомотивный	1	СЛ-2М
СУ	Резистор балластный	1	ПЭВР-50-24 ом
ТН	Электродвигатель топливopодкачивающего насоса	1	П-22
ТРН	Регулятор напряжения	1	ТРН-1А
ТР1, ТР2	Термореле	2	ТПД-4П
ТР3	Термореле	1	ТР-1Б-03
ФЛ	Фильтр локомотивный	1	ФЛ-25/75
Ш1—Ш4	Контакты ослабления поля	4	ТКПД-114В
ША1, ША2	Шунты амперметра	2	75ШСМ
ША3—ША6	Шунты	4	75ШС
ЩП	Щиток с предохранителем	1	ПП-3022
В1, В2	Вольтметры	2	М4200/1



44

9898